



Producción de fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencia de magnesio en un sistema semi hidropónico

Cadena Morocho, Jhadira Maribel

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

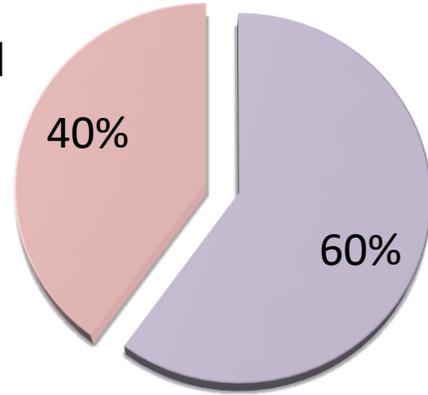
Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal Mgtr.

11 de febrero del 2022



INTRODUCCIÓN

- Consumo nacional
- Exportación



EEUU - ESPAÑA - PAISES BAJOS

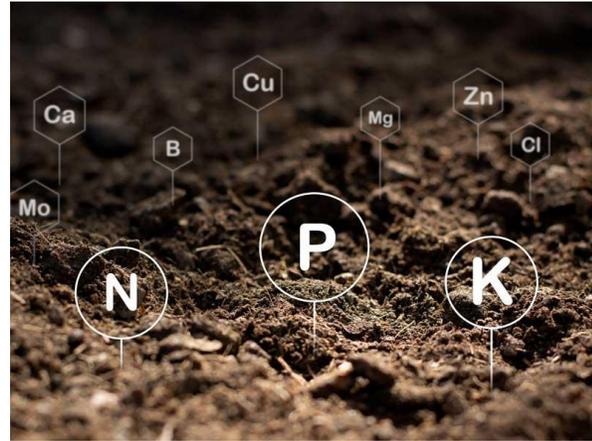


Sistemas poco usadas



| | Tradicional | Semi hidropónico |
|------------------------------|-------------|------------------|
| Disponibilidad de nutrientes | - | + |
| Riego | + | + |
| Tiempo | + | - |
| Enfermedades | + | - |
| Plagas | + | - |
| Mano de obra | + | - |
| Producción | - | + |
| Eficiencia | - | + |
| Tecnología | - | + |
| Costo | + | + |
| Ganancia | - | + |





NUEVAS TECNOLOGÍAS



Importante en la vacuola, donde favorece a la generación de turgencia y al balance de carga de los aniones.



General

- Producir frutilla (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencia de magnesio en un sistema semi hidropónico.

Específicos

- Evaluar el efecto de tres dosis de Magnesio (500 μ mol, 255 μ mol y 10 μ mol), sobre las variables agronómicas y productivas de frutilla (*Fragaria x ananassa*).
- Realizar un análisis económico de producción de costos mediante el método promedio de Kardex.



Hipótesis Nula

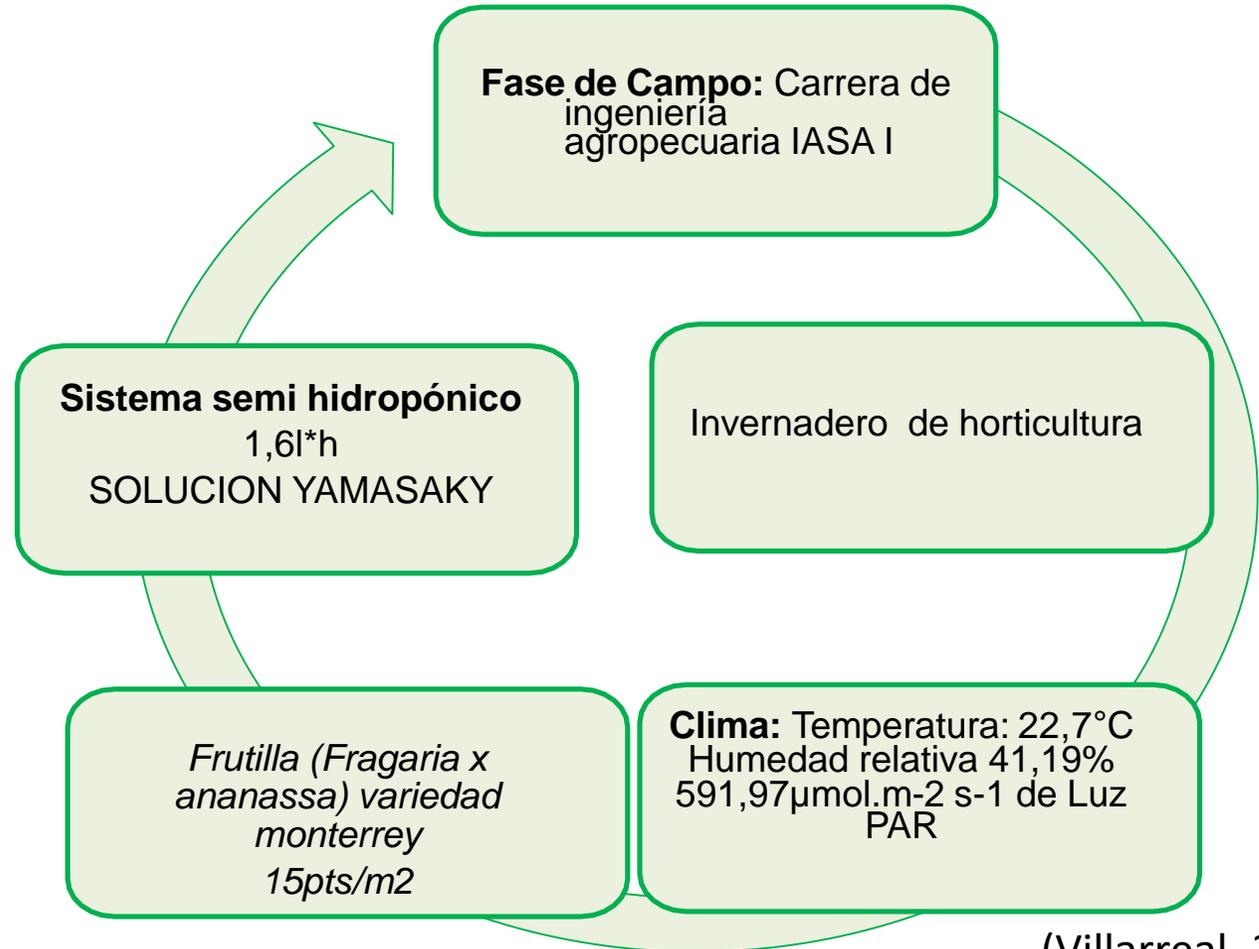
Las plantas de frutilla sometidas a la deficiencia de Mg, presentan similar producción que las plantas de frutillas sin deficiencia de Mg.

Hipótesis Alterna

Las plantas de frutilla sometidas a la deficiencia de Mg, presentan diferente producción que las plantas de frutillas sin deficiencia de Mg.



Metodología



(Villarreal, 2018).



Metodología



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Metodología

Sistema semihidropónico - Pallets



Transplante: (Carbendazim) $0,5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$)



Riego por gotero estaca vía espagueti



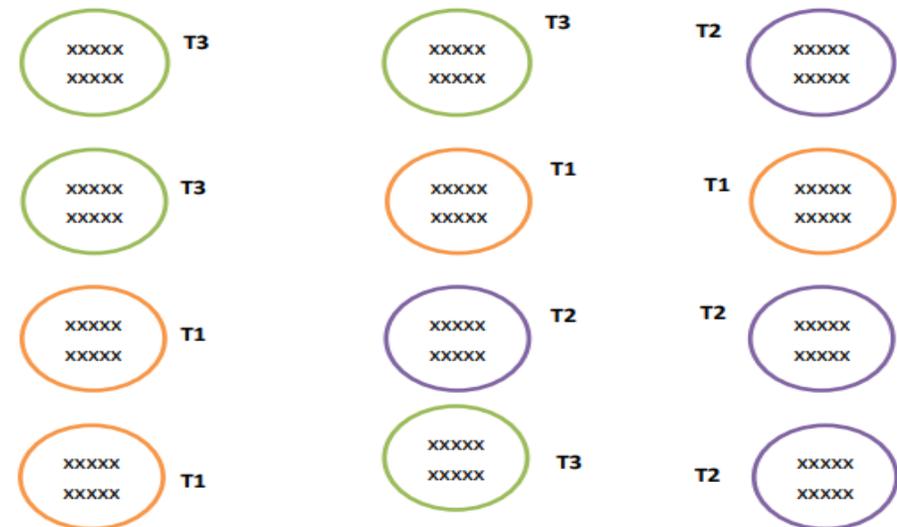
Tabla 1

Rangos de concentración (mg/l) de nutrientes esenciales de acuerdo con (Yamazaki, 1997) con supresión de Mg a varios niveles.

| | 500uM-Mg | 255uM- Mg | 10uM-Mg |
|-----------------|----------|-----------|---------|
| ELEMENTO | mg/l | mg/l | mg/l |
| NH4NO3 | 40 | 40 | 40 |
| KN03 | 252,5 | 203,01 | 153,52 |
| CaNO3 | 236 | 236 | 236 |
| KH2PO4 | 68 | 68 | 68 |
| MgSO4 | 123 | 62,73 | 2,46 |
| HNO3 | - | 30,87 | 61,74 |
| K2S04 | - | 42,63* | 85,26** |

Figura 1

Disposición de los tratamientos en campo



Variables

PRODUCCIÓN



CLOROFILA



PESO Y CALIDAD



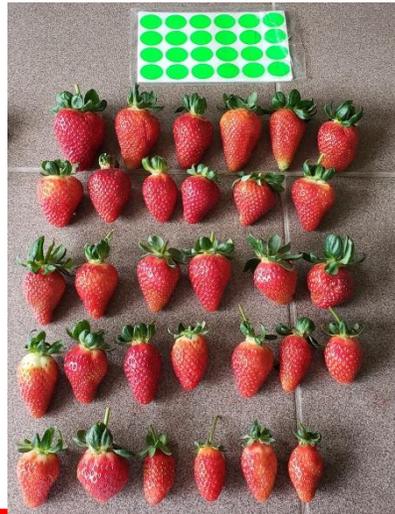
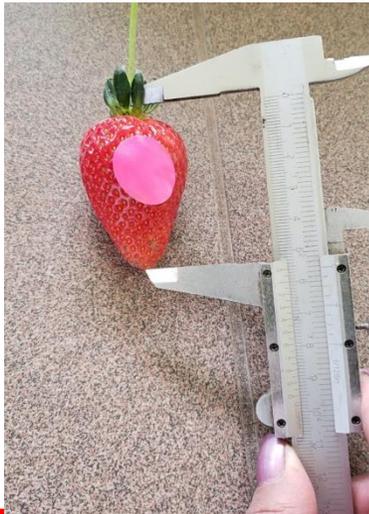
SOLIDOS SOLUBLES



LABORATORIO



Muestreo



Clorofila en laboratorio



Muestras foliares – análisis de nutrientes

105°C



Análisis de la Información

Doce unidades experimentales

10 plantas de frutilla variedad monterrey



DCA

Diseño completamente aleatorizado. 4 repeticiones



$$Y_{ij} = \mu + D_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Producción de las plantas de frutilla.

μ = Media general.

D_i = Efecto del i -ésimo Dosis de Mg en la fertilización.

ϵ_{ij} = Error experimental

Análisis de la información

Se realizó
análisis de
varianza

Análisis
estadísticos y
gráficos se
realizaron en
el software
InfoStat
versión 2018

Se realizaron
pruebas de
comparación de
medias Tukey de
5%

Se utilizó el
método de Kardex
para realizar el
análisis
económico en
base a los datos
de producción
obtenidos



Resultados y Discusión

PARAMETROS DE CRECIMIENTO - ALTURA

Tabla 1

Promedio \pm desviación estándar de altura de las plantas de frutilla variedad monterrey evaluadas a los 120 DDT.

| Tratamiento | Altura (cm) |
|--------------------|--------------------|
| 10 μ mol | 13,23 \pm 0,81a |
| 255 μ mol | 13,73 \pm 1,00a |
| 500 μ mol | 15,01 \pm 3,31a |

Nota: Medias \pm desviación estándar con la misma letra denota que no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

($F_{(2-9)} = 0,80$; $p = 0,4778$).

> Altura

(Regagba et. a. 2014).

entre 0-3000 μ mol \rightarrow > 30cm

(Hun Lee, Soo Yoon, Il Park, & Rog Yeoung 2015)

EC \rightarrow (1 dS/m). \rightarrow Nivel de magnesio



PARAMETROS DE PRODUCCIÓN - N° Flores; N° Frutas y gr. Planta

Tabla 2

Promedio \pm desviación estándar de las variables número de Flores, total N° Frutos .planta⁻¹ y gramos .planta⁻¹ de la variedad monterrey sometidas a deficiencia de magnesio

| Tratamiento | # Flores | Total N° Frutos. planta ⁻¹ | gr planta ⁻¹ |
|---------------|------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| 10 μ mol | 1,49 \pm 1,27a | 1,75 \pm 1,32 a | 195,70 \pm 36,72a |
| 255 μ mol | 2,05 \pm 1,12b | 2,29 \pm 1,66b | 484,77 \pm 73,40b |
| 500 μ mol | 3,02 \pm 1,78c | 3,13 \pm 1,77c | 927,38 \pm 154,17c |

109,75 frutos.planta⁻¹ y 195.70 gr.planta⁻¹

242,75 frutos.planta⁻¹ y 927.38 gr.planta⁻¹

(Hun Lee, Soo Yoon, Il Park, & Rog Yeoung, 2015)

1 dS/m y una dosis de Mg > a 500 μ mol
159.3 g.planta⁻¹, y 150 frutos por planta

modo (Regagba, Myung Choi, Latigui, Mederbal, & Latigui, 2014)

> RENDIMIENTO

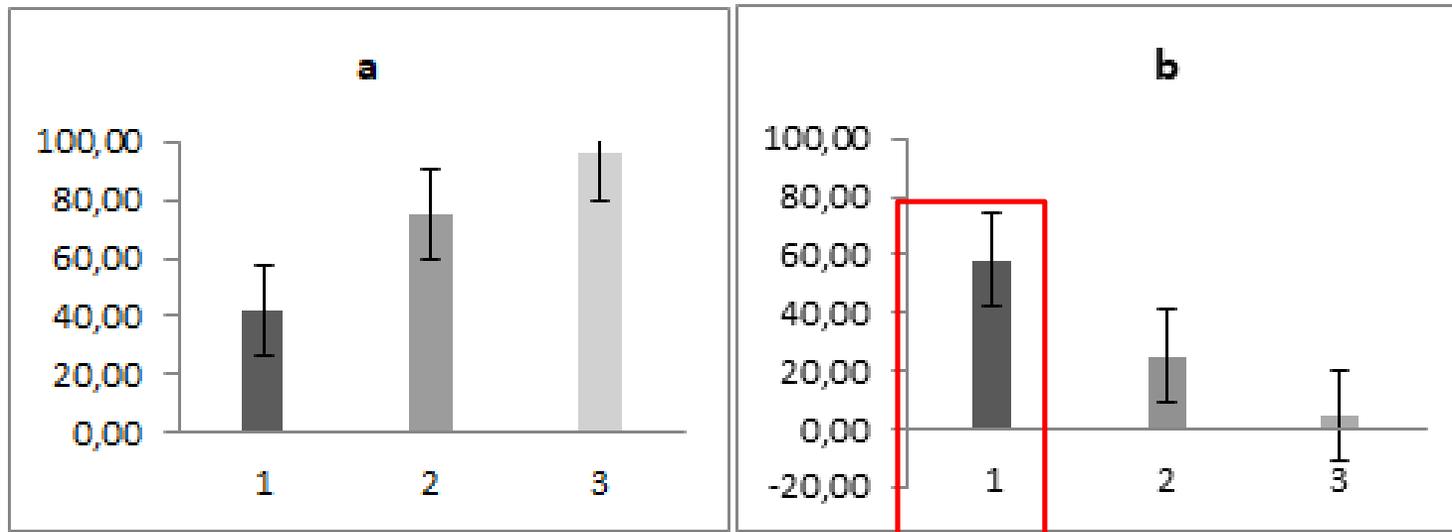
Valores > de 500 μ mol Mg \rightarrow TOXICIDAD



PARAMETROS DE CALIDAD

Figura 2

Porcentaje de calidad a) Grado 1 y b) Grado 2 de frutos de frutilla Variedad Monterrey sometidas a deficiencia de magnesio.



($F_{2-9}=0,501$; $p= 0,3008$).

96,67%

Nota. 1= 10μM de magnesio; 2=255μM; 3=:500 μM, Grado1 = Frutos de alta calidad comercial, Grado 2= Frutos de baja calidad comercial.



Tabla 3

Promedio \pm desviación estándar de las variables diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso de fruto y sólidos solubles de los frutos de (*Fragaria x ananassa*) variedad Monterey sometidas a deficiencia de magnesio

| Tratamiento | Diámetro Ecuatorial (cm) | Diámetro Polar(cm) | Peso Fruto(gr) | Sólidos solubles(°Brix) |
|---------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| 10 μ mol | 2,32 \pm 0,41a | 3,49 \pm 0,38a | 15,96 \pm 15,96a | 6,15 \pm 0,83 a |
| 255 μ mol | 2,80 \pm 0,8ab | 3,95 \pm 0,26a | 23,72 \pm 23,72ab | 8,58 \pm 1,19 b |
| 500 μ mol | 3,11 \pm 0,12b | 5,04 \pm 0,68b | 27,10 \pm 27,10b | 9,83 \pm 0,61b |

Nota: Medias \pm desviación estándar con la misma letra denota que no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

(Regagba, Myung Choi, Latigui, Mederbal, & Latigui, 2014),

500 μ mol Mg, \rightarrow Peso fresco del fruto fue de 35.7 g

(Hun Lee, Soo Yoon, Il Park, & Rog Yeoung, 2015),

9-11 g para Albion

6-8 g para GohaEn



Tabla 3

Promedio \pm desviación estándar de las variables diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso de fruto y sólidos solubles de los frutos de (*Fragaria x ananassa*) variedad Monterey sometidas a deficiencia de magnesio

| Tratamiento | Diámetro Ecuatorial (cm) | Diámetro Polar(cm) | Peso Fruto(gr) | Sólidos solubles(°Brix) |
|---------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| 10 μ mol | 2,32 \pm 0,41a | 3,49 \pm 0,38a | 15,96 \pm 15,96a | 6,15 \pm 0,83 a |
| 255 μ mol | 2,80 \pm 0,8ab | 3,95 \pm 0,26a | 23,72 \pm 23,72ab | 8,58 \pm 1,19 b |
| 500 μ mol | 3,11 \pm 0,12b | 5,04 \pm 0,68b | 27,10 \pm 27,10b | 9,83 \pm 0,61b |

Nota: Medias \pm desviación estándar con la misma letra denota que no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

(Caruso, Villari, Melchionna, & Conti, 2011)

12 °Brix, \rightarrow Mg (>1.6mmol/L)
C.E. (>1.3dS/m).

(Whipker, 2017),

9-11 g para Albion
6-8 g para GohaEn



Clorofila

Tabla 4

Promedio \pm desviación estándar de clorofila Ch-a, clorofila Ch-B y clorofila total para frutilla *Fragaria* x ananassa variedad monterrey sometidas a deficiencia de magnesio

(Hun Lee, Soo Yoon, Il Park, & Rog Yeoung, 2015),

Albion 43-55

32-47 para la variedad Goha

(Ke, Yin, Chen, & Qiu, 2021)

(Choi & Latigui, 2008)

| Tratamiento | Clorofila -a ($\mu\text{g/ml}$) | Clorofila -b($\mu\text{g/ml}$) | Clorofila Total | Clorofila (%) |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| 10 μmol | 19,49 \pm 2,61a | 33,91 \pm 4,62 ^a | 53,40 \pm 7,23a | 13,25 \pm 2,89a |
| 255 μmol | 26,62 \pm 2,71b | 46,49 \pm 4,72b | 73,12 \pm 7,43b | 13,48 \pm 1,95b |
| 500 μmol | 32,66 \pm 0,17c | 56,45 \pm 1,00c | 89,11 \pm 1,07c | 25,80 \pm 1,70c |

Nota. Medias \pm desviación estándar con la misma letra denota que no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Análisis nutricional

Tabla 5

Análisis foliar de Macronutrientes de *Fragaria x ananassa* variedad monterrey a los 120 DDT bajo tres soluciones nutritivas con deficiencia de magnesio.

| Fuente | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|---------|
| 10 μ mol | 1,92= | 0,08= | 0,09= | 0,614- | 0,0501= |
| 255 μ mol | 2,08- | 0,21- | 1,024- | 0,644- | 0,1017- |
| 500 μ mol | 3,57* | 0,57* | 2,44* | 1,371* | 0,52* |

Nota.- Nivel deficiente=, Propenso a deficiente- , Nivel óptimo* , Nivel excesivo ** Modificación de (Hirzet, 2012)

(Gerendás & Führs, 2013)

(Regagba, Choi, Latigui, Mederbal, & Latigui, 2017)

58,33% de frutos fueron de Grado 2

Su desequilibrio en deficiencia o exceso puede alterar la absorción de otros elementos.



Análisis económico

MATERIA PRIMA (MP)

| | |
|---------|-------|
| Plantas | 42,00 |
| Agua | 3,886 |

MANO DE OBRA DIRECTA (MOD)

| | |
|--------------|--------|
| Horas hombre | 597,60 |
|--------------|--------|

MANO DE OBRA INDIRECTA (MOI)

| | |
|----------|-------|
| Limpieza | 19,92 |
|----------|-------|

COSTO DE PRODUCCION INDIRECTO (CIF)

| | |
|---------|-------|
| Fundas | 2,50 |
| Pallets | 40,00 |

| | |
|----------------------------|--------|
| Balla antipajaros | 100,00 |
| Pingos | 7,50 |
| Cable solido 12 | 110,00 |
| Tomacorriente | 2,40 |
| Enchufe | 2,50 |
| Caja de paso | 22,50 |
| Timers | 55,80 |
| Corla picos | 5,60 |
| Taype | 2,20 |
| Bomba Leo sumergible 0,5hp | 285 |
| Tanques 200ltrs | 75,00 |
| Tanques 60 litros | 36,00 |
| Salida y Conducción | 96,00 |
| Red primaria | 18,00 |
| Red secundaria | 62,00 |
| Spiders –goteros | 115,20 |

Tabla 6

Kardex solución 10 µmol

V. TOTAL/PESO

| Fecha | Descripción | EXISTENCIAS | | | | |
|--------|----------------------|-------------|---------|----------|-------------|---------|
| | | ENTRADAS | SALIDAS | Peso | V Unitario | V Total |
| 15-may | Costos de producción | | | 187,523 | 2,49788026 | 468,41 |
| 4-jun | Toma de datos | 183,074 | | 370,597 | 1,263933599 | 468,41 |
| 10-jun | Toma de datos | 175,562 | | 546,159 | 0,857644019 | 468,41 |
| 19-jun | Toma de datos | 143,541 | | 689,7 | 0,679150355 | 468,41 |
| 24-jun | Toma de datos | 178,911 | | 868,611 | 0,539263261 | 468,41 |
| 1-jul | Toma de datos | 189,137 | | 1057,748 | 0,442837046 | 468,41 |
| 8-jul | Toma de datos | 188,325 | | 1246,073 | 0,375908956 | 468,41 |
| 15-jul | Toma de datos | 182,054 | | 1428,127 | 0,327989037 | 468,41 |
| 20-jul | Toma de datos | 195,837 | | 1623,964 | 0,288436197 | 468,41 |
| 29-jul | Toma de datos | 186,601 | | 1810,565 | 0,258709298 | 468,41 |
| 2-ago | Toma de datos | 203,953 | | 2014,518 | 0,232517158 | 468,41 |
| 12-ago | Toma de datos | 182,59 | | 2197,108 | 0,213193889 | 468,41 |
| 25-ago | Toma de datos | 209,067 | | 2406,175 | 0,194669964 | 468,41 |
| 1-sep | Supuesto de pérdida | | 500 | 1906,175 | 0,246257558 | 468,41 |
| 1-sep | Toma de datos | 181,659 | | 2087,834 | 0,225310058 | 470,41 |

(PESO+)+ (PESO ANT)-(PESO-)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Tabla 7

Kardex solución 255 µmol

| Fecha | Descripción | ENTRADAS | SALIDAS | EXISTENCIAS | | |
|--------|----------------------|----------|---------|-------------|-------------|----------|
| | | Peso | Peso | Peso | V Unitario | V. Total |
| 15-may | Costos de producción | | | 220,028 | 2,126002145 | 467,78 |
| 4-jun | Toma de datos | 221,978 | | 442,006 | 1,058311426 | 467,78 |
| 10-jun | Toma de datos | 260,956 | | 702,962 | 0,665441375 | 467,78 |
| 19-jun | Toma de datos | 236,281 | | 939,243 | 0,498039379 | 467,78 |
| 24-jun | Toma de datos | 313,335 | | 1252,578 | 0,373453789 | 467,78 |
| 1-jul | Toma de datos | 265,835 | | 1518,413 | 0,308071651 | 467,78 |
| 8-jul | Toma de datos | 314,835 | | 1833,248 | 0,255164604 | 467,78 |
| 15-jul | Toma de datos | 253,487 | | 2086,735 | 0,224168378 | 467,78 |
| 20-jul | Toma de datos | 266,051 | | 2352,786 | 0,198819612 | 467,78 |
| 29-jul | Toma de datos | 250,753 | | 2603,539 | 0,179670825 | 467,78 |
| 2-ago | Toma de datos | 314,737 | | 2918,276 | 0,160293269 | 467,78 |
| 12-ago | Toma de datos | 267,033 | | 3185,309 | 0,146855454 | 467,78 |
| 25-ago | Toma de datos | 228,247 | | 3413,556 | 0,137035982 | 467,78 |
| 1-sep | Supuesto de pérdida | | 500 | 2913,556 | 0,160896169 | 468,78 |
| 1-sep | Toma de datos | 209,917 | | 3123,473 | 0,150403093 | 469,78 |



Tabla 8

Kardex solución 500 µmol

| Fecha 2021 | Descripción | ENTRADAS | SALIDAS | EXISTENCIAS | | |
|------------|----------------------|----------|---------|-------------|-------------|----------|
| | | Peso | Peso | Peso | V. Unitario | V. Total |
| 15-may | Costos de producción | | | 302,78 | 1,542902437 | 467,16 |
| 4-jun | Toma de datos | 299,685 | | 602,465 | 0,776443445 | 467,78 |
| 10-jun | Toma de datos | 362,861 | | 965,326 | 0,484582411 | 467,78 |
| 19-jun | Toma de datos | 304,054 | | 1269,38 | 0,368510611 | 467,78 |
| 24-jun | Toma de datos | 385,796 | | 1655,176 | 0,282616471 | 467,78 |
| 1-jul | Toma de datos | 322,631 | | 1977,807 | 0,236514483 | 467,78 |
| 8-jul | Toma de datos | 340,143 | | 2317,95 | 0,201807632 | 467,78 |
| 15-jul | Toma de datos | 329,972 | | 2647,922 | 0,176659282 | 467,78 |
| 20-jul | Toma de datos | 307,836 | | 2955,758 | 0,158260588 | 467,78 |
| 29-jul | Toma de datos | 326,808 | | 3282,566 | 0,14250437 | 467,78 |
| 2-ago | Toma de datos | 313,162 | | 3595,728 | 0,130093266 | 467,78 |
| 12-ago | Toma de datos | 344,391 | | 3940,119 | 0,118722303 | 467,78 |
| 25-ago | Toma de datos | 332,795 | | 4272,914 | 0,109475641 | 467,78 |
| 1-sep | Supuesto de pérdida | | 500 | 3772,914 | 0,12424879 | 468,78 |
| 1-sep | Toma de datos | 300,275 | | 4073,189 | 0,115334692 | 469,78 |



10umol

| | | | |
|---|--|--|--|
| Costo individual de producción + costo solución nutritiva | | | |
| 457,87 + 10,54 = | | | |
| 468,41 | | | |

255umol

| | | | |
|---|--|--|--|
| Costo individual de producción + costo solución nutritiva | | | |
| 457,86 + 9,92 = | | | |
| 467,78 | | | |

500umol

| | | | |
|---|--|--|--|
| Costo individual de producción + costo solución nutritiva | | | |
| 457,86 + 9,30 = | | | |
| 467,16 | | | |



Costo de producción individual



$$\begin{aligned} \text{Costo individual de producción} &= \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{\# soluciones implementadas}} \\ \text{Costo individual de producción} &= \frac{1.373,57}{3} \\ \text{Costo individual} &= 457,86 \end{aligned}$$

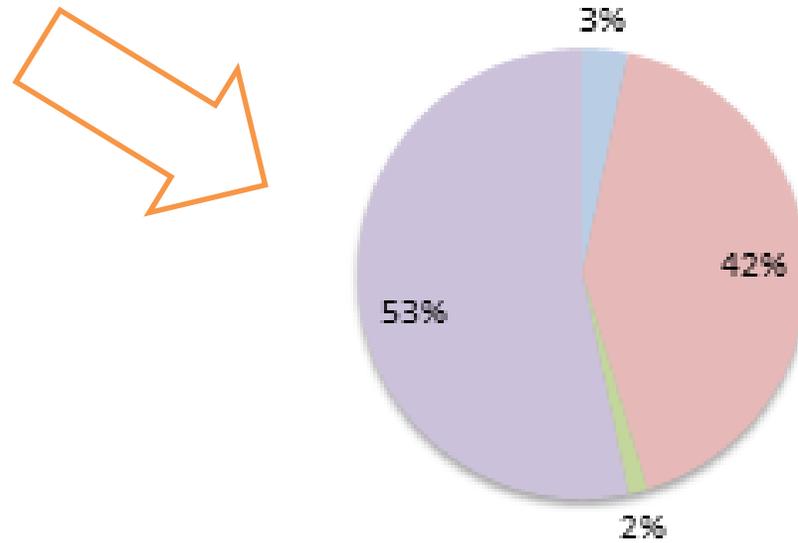
Costos de producción individual por tratamiento.



| Tratamiento | Costo de producción individual (\$) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Solución nutritiva 10 µmol de Mg | 468,41 |
| Solución nutritiva 255 µmol de Mg | 467,87 |
| Solución nutritiva 500 µmol de Mg | 467,16 |



Cálculo costos de producción totales.



Nota

| | |
|---|--------------------------------|
| ■ Costos indirectos de producción (CIF) | ■ Mano de obra directos (MOP) |
| ■ Materia prima (MP) | ■ Mano de obra indirecta (MIO) |



Tabla 11

Análisis del costo de producción

| TRATAMIENTO | PESO (gramos. planta) | VALOR UNITARIO (\$ Total) | COSTO UNITARIO (CTVS) |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Solución nutritiva 10 µmol | 2587,83 | 470,41 | 0,18 |
| Solución nutritiva 255 µmol | 3623,47 | 469,78 | 0,13 |
| Solución nutritiva 500 µmol | 4573,18 | 469,78 | 0,10 |

Tabla 12

Análisis de costos de pérdida

| Tratamiento | Peso perdida (gr) | Costo Unitario (\$) | Perdida (\$) |
|----------------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| Solución nutritiva 10umol | 500 | 0,25 | 123,13 |
| Solución nutritiva 255umol | 500 | 0,16 | 80,45 |
| Solución nutritiva 500umol | 500 | 0,12 | 62,12 |

500 µmol de Mg de USD 0,12, comparando con las soluciones de 255 µmol (USD 0,26) y 10 µmol (USD 0,25).



Conclusiones

10 μmol de Mg

Se obtuvo una altura (10,51cm), número de flores (5,65), frutos de grado 2 (4,17%), diámetro ecuatorial (2,32cm), diámetro polar (3,49cm), peso de fruto (15,94gr), sólidos solubles (6,15°Brix), contenido de clorofila (13,25 %)

500 μmol de Mg

Se obtuvo mayor altura (15,01cm), número de flores (11), frutos de grado 2 (58,33%), diámetro ecuatorial (3,11cm), diámetro polar (5,04cm), peso de fruto (27,10gr), sólidos solubles (9,83°Brix), contenido de clorofila (25,80 %).



La aplicación de la metodología de Kardex para el análisis económico permitió definir que la solución con 500 μmol de Mg se desarrolló de mejor manera, al comparar al mismo tiempo las variables de análisis de campo con las de análisis económicas, obtuvo el costo de producción más bajo de 10ctvs por planta y 467,16\$ de inversión total, siendo así la solución de 10 μmol de Mg la menos eficiente obteniendo costos de producción muy altos de 18ctvs por planta y un costo de inversión de 468,41\$.



Recomendaciones

Para la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*) se recomienda el uso de 500 μmol de Mg Magnesio en soluciones nutritivas Yamasaki para sistemas semi hidropónica, considerando que es el nivel más adecuado y mismo que obtuvo resultados favorables tanto en el aspecto productivo como en el económico.

Las nuevas técnicas de producción de fresas bajos sistemas semi hidropónicos se revela como una opción más sostenible frente a la agricultura tradicional ya que por su escaso uso de recursos, su fácil implementación y manejo de nutrición es de considerable para la producción obteniendo resultados favorables en crecimiento, mayor rendimiento y rentabilidad, además de ser amigable con el ambiente.



Agradecimientos

A las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de este proyecto.

