



Artículo

Producción de plantines de frutilla (*Fragaria sp.*) con la aplicación de enraizadores naturales, en esquejes, bajo ambiente protegido

Production of strawberry plant (*Fragaria sp.*), with the application of natural rooter, in cutting, under protected ambient

Edil Sucojaya Choque, Marcelo Tarqui Delgado, Hugo D. Bosque Sanchez, Willams Alex Murillo Oporto

RESUMEN:

La producción de frutilla (*Fragaria sp.*), en Bolivia abarca zonas con condiciones agroclimáticas variables, en las zonas interandinas se realiza en ambientes protegidos, debido a su demanda es importante tener un programa de reposición de plantines, renovando las plantaciones cada año, para mantener y aumentar el nivel de producción y así también la rentabilidad. El método de propagación de la frutilla es el vegetativo y una de las técnicas es a través de la división de esquejes. Por otro lado, se ha realizado varios experimentos para sustituir fitohormonas sintéticas enraizadoras por productos orgánicos y naturales obteniendo buenos resultados. En el presente estudio se evaluó la producción de plantines de dos variedades de frutilla, con la aplicación de tres enraizadores naturales, en esquejes de división de coronas, bajo ambiente protegido; donde las variables en estudio se diferenciaron significativamente, mostrándose superior el tratamiento con "agua" de coco, seguido de los extractos de sauce y sábila, frente al testigo. Con respecto a las variedades no se encontró diferencias en las variables de estudio.

PALABRAS CLAVE:

Frutilla, enraizadores naturales, ambientes protegidos, propagación.

ABSTRACT:

Strawberry production (*Fragaria sp.*), In Bolivia covers areas with variable agroclimatic conditions, in the inter-Andean areas it is carried out in protected environments, due to its demand it is important to have a seedling replacement program, renewing the plantations every year, to maintain and increase the level of production and thus also profitability. The method of propagation of the strawberry is vegetative and one of the techniques is through the division of cuttings. On the other hand, several experiments have been carried out to replace synthetic rooting phytohormones with organic and natural products, obtaining good results. In the present study, the production of seedlings of two varieties of strawberry was evaluated, with the application of three natural rooters, in crown division cuttings, under a protected environment; where the variables under study differed significantly, the treatment with coconut "water", followed by the extracts of willow and aloe, being superior to the control. Regarding the varieties, no differences were found in the study variables.

KEYWORDS:

Strawberry, natural rooters, protected environments, propagation.

AUTORES:

Edil Sucojaya Choque: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. edil.sucojaya1@gmail.com

Marcelo Tarqui Delgado: Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. mtarqui5@umsa.bo

Hugo D. Bosque Sanchez: Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. hugobosque@yahoo.es

Willams Alex Murillo Oporto: Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. wiamo00@yahoo.es

Recibido: 20/04/2021. Aprobado: 15/17/2021.



INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria y contribuyen al sustento de la población; en Bolivia la conservación y manejo de estos recursos en las diferentes ecorregiones, no son suficientes para fortalecer la producción nacional de frutas y hortalizas; tal es el caso de la frutilla, que en nuestro país se adaptó a condiciones agroclimáticas variables para su cultivo, con rendimientos de 25000 kg ha^{-1} en el oriente y en los valles con similares rendimientos (Números de nuestra tierra, 1999). El método de propagación de la frutilla es el vegetativo, renovando las plantaciones cada año. Comercialmente se puede propagar a través de la división de coronas o por estolones (Alvarado, 2001).

El uso de productos orgánicos y naturales va adquiriendo gran importancia social y ambiental, por la seguridad que ofrece a la salud y al medio ambiente, por lo que se han obteniendo buenos resultados al sustituir fitohormonas enraizadoras sintéticas, con la utilización de extracto de sábila (García et al., 2009). Además, Condori (2006), en propagación de estacas en arce encontró mejores respuestas de enraizamiento con extracto de sauce, seguido del jugo ("agua") de coco.

A fin de promover la producción de frutilla y ofrecer una nueva alternativa en la obtención de nuevos plantines a los productores de frutilla, es que se estudió la producción de plantines de frutilla con la aplicación de enraizadores naturales en esquejes de división de coronas, bajo ambiente protegido, realizando la comparación a través de variables agronómicas del cultivo estudiado.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo los meses de julio a septiembre, en un ambiente protegido de la Estación Experimental de Cota Cota perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado a 15km al sur este del centro de la ciudad de La Paz, provincia Murillo, departamento de La Paz, la zona se caracteriza por ser templada con una temperatura media anual de 9°C , una máxima anual de 21°C y una mínima anual de -0.6°C , siendo el periodo de lluvias de diciembre a marzo, el resto del año es un periodo seco, con una humedad

relativa promedio anual de 46%, la precipitación media anual es de 400 mm.

Las plantas madres que se utilizaron fueron las variedades Oso grande y Sweet Charlie, que tenían dos años de establecimiento, en el momento en que se obtuvieron los esquejes de corona. Los enraizadores utilizados como tratamientos fueron: agua de coco, extracto de sauce, ambos preparados en base a la metodología propuesta por Condori (2006) y extracto (jugo de sábila) siguiendo las recomendaciones de García et al. (2009) y un testigo sin tratamiento. Posteriormente los esquejes se sembraron en sustrato preparado con arena tierra de lugar, turba y ceniza sobre una platabanda elevada, con distancias entre surco y planta de ocho centímetros, se aplicó riego con microaspersión controlando la humedad del sustrato a capacidad de campo con un sensor de humedad. Se desarrolló en un diseño completamente al azar bifactorial. De acuerdo a los factores de estudio se formularon los siguientes ocho tratamientos: $T_1=a_1b_1$ = Oso Grande x "agua" de coco, $T_2=a_1b_2$ = Oso Grande x extracto de sauce, $T_3=a_1b_3$ = Oso Grande x extracto de sábila, $T_4=a_1b_4$ = Oso Grande x Testigo, $T_5=a_2b_1$ = Charlie x "agua" de coco, $T_6=a_2b_2$ = Charlie x extracto de sauce, $T_7=a_2b_3$ = Charlie x extracto de sábila y $T_8=a_2b_4$ = Charlie x Testigo; con cuatro repeticiones cada tratamiento.

Las variables de respuesta estudiadas fueron: días a la brotación, porcentaje de prendimiento, velocidad de crecimiento de altura de planta, número de hojas del brote principal, longitud de la raíz, volumen radicular, índice de área foliar y diámetro de corona, así mismo se registró variables climáticas, durante el desarrollo de la investigación. Para demostrar las diferencias entre los tratamientos, se aplicó el análisis de varianza (ANVA) y las pruebas de significancia mediante la prueba de Tuckey, procesados por el programa estadístico SPSS versión 11.6.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Temperatura en el Ambiente Protegido Durante la Investigación

En la primera y segunda semana se registraron temperaturas por debajo de 0°C , llegando hasta -2°C en fechas 31 de julio y 3 de

agosto, en las dos últimas semanas se registraron las temperaturas más altas llegando a un máximo de 42°C en fecha 7 de agosto. Además, debido a que el ambiente protegido no cuenta con una ventilación adecuada, fue difícil controlar la elevación de la temperatura. Por lo que se observaron efectos negativos de las temperaturas mínimas y máximas, ya que no se mantuvo, dentro del rango que los plantines de frutilla exigen, provocando necrosis en el borde de los folíolos recién brotados y disminución en el desarrollo de las hojas con las temperaturas por debajo de cero grados, manifestado por Hartman (1990) y Serrano (1979) que señalan que las plantas de frutilla detienen su desarrollo con temperaturas de 2 a 5°C, se hielan las plantas de -3°C a -5°C. y por otro lado estrés, cuando las temperaturas ascendieron por encima de los 35 °, esto coincide con lo mencionado por Folquer (1986), que las temperaturas óptimas diurnas durante el desarrollo de la frutilla, para la germinación necesitan entre 23 y 27°C, para el crecimiento requiere entre 20 y 27°C.

Variables Agronómicas, Fenológicas y Fisiológicas

Días a la Brotación

La mejor respuesta de brotación fue: el T1 y el T5 con 4 días, seguido por los tratamientos T3 y T7, con un promedio de 5 días, los tratamientos T6 y T8 su brotación tardó 6 días y 5 días en T2 y T4 como se muestra en la figura 1. La diferencia podría deberse a factores como: el estado fisiológico inicial de la planta madre, de los esquejes obtenidos, ya que existían esquejes con tejidos epidérmicos lignificados, semi lignificados y no lignificados (tiernos), como menciona Mamani (2005); por otro lado, el diámetro de los esquejes, ya que aquellos de mayor diámetro tienen mayor almacén de nutrientes lo cual ayuda a mantenerse estable y recuperarse lo más antes posible como señalan Hartmann y Kester (1998). Por otro lado, también se debe de considerar la profundidad de siembra de esquejes podría ser otro factor que afecta en los días de brotación, ya que Condori (2006) indica que los esquejes colocados superficialmente no se adaptaron inmediatamente, ya que en la superficie del sustrato

existe mayor variación de humedad y temperatura. Por último, la acción de las sustancias promotoras de crecimiento, donde el “agua” de coco contenga mayor cantidad de inductores de crecimiento, lo que aceleró el proceso de brotación, en comparación con los otros enraizadores utilizados. Al respecto Rodríguez y Hechevarría (2004), señalan que el desarrollo de las plantas, tanto en el aspecto del crecimiento como en la diferenciación se encuentra controlado por la acción de sustancias reguladoras del crecimiento, que son compuestos orgánicos sintetizados por las plantas (hormonas) Además, una variedad de preparaciones de composiciones indefinidas han enriquecido muchos medios de cultivos al poseer efectos estimulantes del crecimiento, tales como, el endospermo de coco, extracto de malta y extracto de levadura han sido generalmente los más utilizados

Porcentaje de Prendimiento

En los tratamientos T1 y T4 fue de 100%, el T2 tuvo 97.7%, el T3 tuvo 100%, el T6 y el T8 tuvieron 97.5%, el T4 y T5 tuvieron 95.5%.

Al igual que en la variable días a la brotación, la diferencia entre los porcentajes de prendimiento, podría deberse a los mismos factores mencionados. El efecto de las hormonas reguladoras, también podría ser otro factor importante, en el prendimiento de plantines, por un lado, las auxinas promueven el crecimiento y diferenciación celular y las citocininas inducen a la formación de brotes como menciona Azcon-Bieto y Talon (1993).

Altura de Planta (Velocidad de Crecimiento)

En las figuras 1 y 2 se observa el ajuste de curvas por regresión lineal del desarrollo de altura de planta. Estadísticamente, entre las variedades, no se encontró diferencias en las primeras dos semanas, donde tuvieron un similar desarrollo; a partir de la tercera semana si se observa diferencias significativas de crecimiento de altura de planta hasta la última medición realizada.

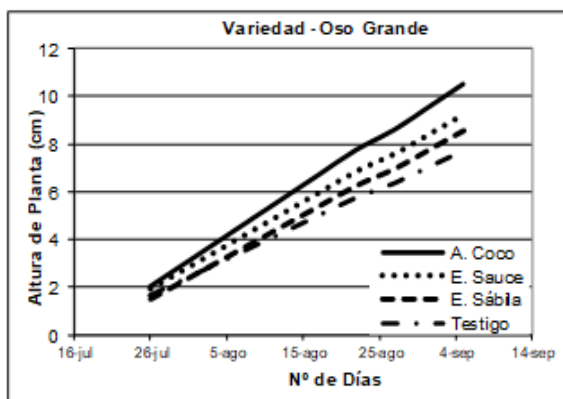


Figura 1. Desarrollo de la altura de la planta en la variedad Oso Grande

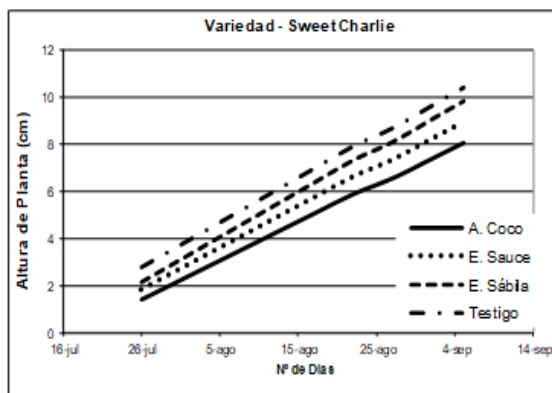


Figura 2. Desarrollo de la altura de la planta en la variedad Sweet Charlie

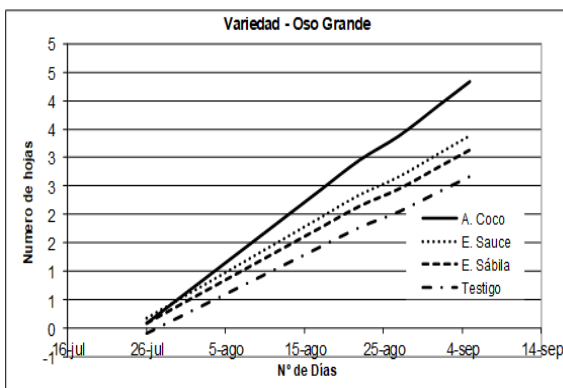


Figura 3. Desarrollo del número de hojas en la variedad Oso Grande.

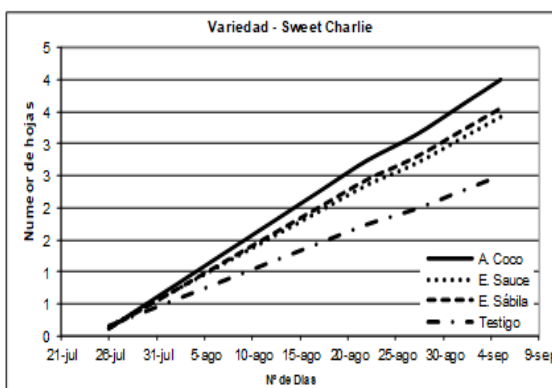


Figura 4. Desarrollo del número de hojas en la variedad Sweet Charlie.

Se registraron bajas temperaturas de las dos primeras semanas, el cual tiene la posibilidad de que haya provocado un letargo en la acción de los promotores de crecimiento presentes en los enraizadores, los cuales tardaron dos semanas para poder diferenciarse. A partir de la tercera semana se observa las primeras diferenciaciones, donde el tratamiento con “agua” de coco desarrolló mayor altura de planta, posiblemente porque contenga mayor contenido de sustancias promotoras de crecimiento en comparación a los tratamientos con extracto de sábila y sauce, que podrían presentar menor cantidad de sustancias promotoras de crecimiento, como menciona Parrotta (1993) que el “agua” de coco es rica en sustancias (hormonas) inductoras del crecimiento en las plantas y fue usada extensamente en las investigaciones de cultivo histológicos. Así mismo Rodríguez y Hechevarría (2004), en un estudio de estimulantes de crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales encontraron que el extracto de gel de Aloe vera tiene el mejor comportamiento,

particularmente con relación a la formación de raíces, superando incluso a los reguladores usados tradicionalmente como control, lo que demuestra la posible presencia de actividad auxínica en el mismo. El extracto de *Salix humboldtiana* tuvo también un comportamiento satisfactorio en este aspecto, sin embargo, ambos extractos no mostraron indicios de contar con una importante actividad citoquinínica.

De acuerdo a los resultados en el desarrollo de la velocidad de crecimiento, el T1 tuvo mayor velocidad de crecimiento con un promedio de 1.15 centímetros por semana, Los tratamientos T2, T3, T6 y T7 tuvieron un similar comportamiento de velocidad de crecimiento entre 0.99 y 1.04 centímetros por semana, los tratamientos T4 y T8 con menor velocidad de crecimiento con 0.81 y 0.89 centímetros por semana respectivamente.

De acuerdo al análisis de varianza realizado al finalizar el experimento, en la Tabla 1, se observa que estadísticamente no existen diferencias entre las

dos variedades de estudio, en cambio, se ve claramente que si existen diferencias altamente significativas entre los enraizadores naturales aplicados. Por otro lado, no existen diferencias significativas en la interacción de ambos factores en

estudio, variedades y enraizadores naturales. El coeficiente de variación obtenido en el análisis fue de 6.59% que nos indica que la información obtenida es confiable.

Tabla 1. Análisis de varianza de altura de planta

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5% - 1%)	Sig
Variedad	1	1,796	1,796	4,846	4,085 - 7,31	*
Enraizador	3	26,887	8,962	24,189	2,84 - 4,315	**
Var x Enraizador	3	1,844	0,615	1,659	2,84 - 4,316	ns
Error	24	8,892	0,371			
Total	31	39,420	1,272			
CV		6,59	%			

Tabla 2. Prueba de Tuckey de altura de planta entre enraizadores

Enraizadores	Sig (5%)	Promedios de altura de planta (cm)
"Agua" de coco	a	10,437
Extracto de sauce	b	9,455
Extracto de sábila	b	9,164
Testigo	c	7,870

Tabla 3. Prueba de Tuckey de altura de planta entre variedades

Variedades	Sig (5%)	Promedios de altura de planta (cm)
a ₁ = Sweet Charlie	a	9.471
a ₂ = Oso Grande	b	8.99

En la Tabla 2 se muestra las diferencias entre los enraizadores aplicados, para la variable de estudio altura de planta, El tratamiento con "agua" de coco, con 10.437 cm, es superior a todos los tratamientos. Los tratamientos con extractos de sábila y sauce, con 9.164cm 9.455 cm respectivamente, estadísticamente se comportan de manera similar y son superiores al testigo que alcanzó un crecimiento en altura de planta de 7.870 cm.

En la Tabla 3, realizando la discriminación de medias por el método de la prueba de Tuckey con nivel de significancia al 5%, se observa que estadísticamente la variedad Sweet Charlie es superior a la variedad Oso Grande con 9.47cm y 8.99cm respectivamente.

Los tratamientos con enraizadores naturales "agua" de coco, el extracto de sauce y el extracto de sábila frente al testigo, hace presumir que tienen sustancias promotoras de crecimiento de planta, posiblemente la presencia de hormonas como: las auxinas, las giberelinas y las citocininas, las cuales promueven la elongación celular de las plantas.

Durante las dos primeras semanas es posible que se haya inducido a la formación de las auxinas en la hoja, con la que se realizó la siembra de los esquejes, posteriormente recién fue transportada hacia la raíz, para provocar un mayor desarrollo de la planta. Esta explicación se apoya en lo mencionado por Lira (1994), quien señala que las auxinas influyen en el crecimiento de órganos vegetales estimulando la elongación de ciertas células. El ácido indolacético, la auxina más común, se suele formar cerca de los brotes nuevos, en la parte superior de la planta, y fluye hacia abajo para estimular el alargamiento de las hojas recién formadas, además es precursor de otros elementos.

Azcon-Bieto y Talon (1993), mencionan que las giberelinas, incrementan el crecimiento en los tallos e inducen la brotación de yemas; las citocininas estimulan la división celular y el crecimiento, inhiben el desarrollo de raíces laterales, rompen la latencia de las yemas auxiliares y la auxina que promueve el crecimiento y diferenciación celular, y por lo tanto en el crecimiento en longitud de la planta

Por su parte Mamani (2005), en micropropagación de la frutilla in vitro, en medios de cultivo e inductores de crecimiento obtuvo en 42 días alturas de planta de 12.87cm en la variedad Oso Grande y 9.08cm en la variedad Sweet Charlie, pero tenían menor área foliar y mayor elongación del peciolo, comparativamente al presente trabajo.

Número de Hojas del Brote Principal

El análisis de varianza para la variable número de hojas del brote principal, realizado en la última fecha de medición, se muestra en la Tabla 4. Donde se observa que estadísticamente no existen diferencias entre las dos variedades de estudio, en cambio si existen diferencias altamente significativas entre los enraizadores naturales aplicados (Figura 3 y 4).

Por otro lado, no existen diferencias significativas en la interacción de ambos factores en estudio, variedades y enraizadores naturales. El

coeficiente de variación obtenido en el análisis fue de 11.97% que nos indica que la información de datos es confiable.

Las hormonas reguladoras de crecimiento presentes en los enraizadores naturales tienen efecto sobre el número de hojas principalmente la citocinina, que se encarga de promover la formación de nuevas yemas del tallo como son las hojas. Se debe mencionar que las diferentes hormonas van relacionadas, como lo es la auxina de la citocinina, ya que a mayor concentración de citocinina existe menor crecimiento longitudinal y mayor incremento de yemas ya sea este lateral o floral como lo menciona Lira (1994).

Al respecto Mamani (2005), encontró la formación de 2 hojas por brote a los 24 días, además a los 42 días la variedad Oso Grande formó 4 hojas, y en la variedad Sweet Charlie formó 6 hojas, en propagación in vitro de frutilla.

Tabla 4. Análisis de varianza del promedio de número de hojas del brote principal

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5% - 1%)	Sig
Variedad	1	0,002	0,002	0,012	4,085 - 7,31	ns
Enraizador	3	9,972	3,324	20,409	2,84 - 4,315	**
Var x Enraizador	3	0,649	0,216	1,328	2,84 - 4,316	ns
Error	24	3,909	0,163			
Total	31	14,531	0,469			
CV		11,97	%			

En la Tabla 5, se muestra las diferencias de medias entre los enraizadores, para la variable de estudio número de hojas, realizando la discriminación de medias por el método de la prueba de Tuckey con nivel de significancia al 5%. El tratamiento con "agua" de coco (b_1), es superior con

4.1 hojas frente a los otros tratamientos, respecto a los tratamientos con extracto de sábila (b_3) y sauce (b_2), que formaron ambos 3 hojas tienen un comportamiento similar pero superior con respecto al testigo (b_4), que desarrolló 2.6 hojas.

Tabla 5. Prueba de Tuckey de número de hojas

Enraizadores	Sig (5%)	Promedios de número de hojas
"agua" de coco	a	4,1
Extracto de sauce	b	3,4
Extracto de sábila	b	3,3
Testigo	c	2,6

En la Figura 5, se muestra los datos de promedios de número de hojas por cada tratamiento, donde se observa diferencias numéricas entre los promedios de los tratamientos.

En la variedad Oso Grande (a_1): el mayor número de hojas se presentó con la aplicación de "agua" de coco (b_1) con 5 hojas, en cambio la variedad Sweet Charlie (a_2) desarrolló 4 hojas, seguido del extracto de sauce

(b₂) con 3.4 hojas, en las dos variedades en estudio; con 4 hojas el tratamiento con extracto de sábila (b₃) en la variedad Sweet Charlie (a₂) y 3 hojas en la

variedad Oso Grande; por último, el testigo (b₄) desarrolló 3 hojas en la variedad Oso Grande (a₁) y Sweet Charlie (a₂).

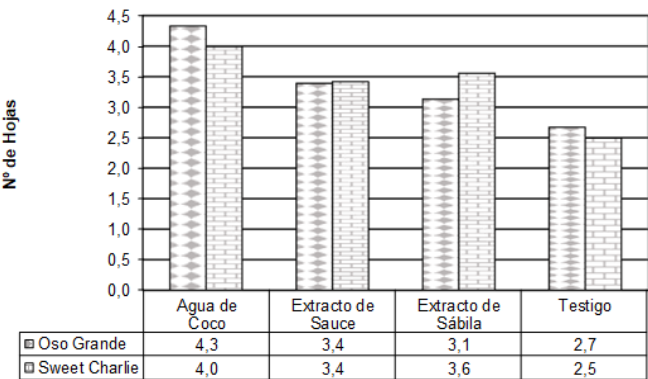


Figura 5. Comparación de promedios de número de hojas.

La Figura 5, muestra claramente el promedio de ambas variedades, que la aplicación con “agua” de coco desarrolló mayor número de hojas con respecto a los demás tratamientos, en cambio el testigo es el que menor número de hojas desarrolló. En cuanto a los tratamientos con extracto de sauce y sábila presentan similar desarrollo del número de hojas.

Longitud de Raíz

En la Tabla 6, se muestra los promedios de longitud de raíz desnuda de cada tratamiento en estudio, donde numéricamente se tuvo: una mayor longitud con la aplicación de “agua” de coco en ambas variedades, la variedad Sweet Charlie con 23.9cm fue superior a Oso Grande con 22.7cm; en segundo lugar se observa el tratamiento con extracto de sábila, con superioridad de la variedad Oso Grande sobre Sweet Charlie con 21.5cm y 19.4cm respectivamente.

Tabla 6. Promedios de longitud de raíz				
VARIEDADES	Enraizadores naturales			
	b ₁ =A. Coco	b ₂ =E. Sauce	b ₃ =E. Sábila	b ₄ =Testigo
a ₁ =Oso Grande	22,7cm	20,3 cm	21,5 cm	16,8 cm
a ₂ =Sweet Charlie	23,9 cm	18,3 cm	19,4 cm	16,4 cm

En tercer lugar se observa al tratamiento con extracto de sauce, mostrándose superior la variedad Oso Grande sobre la variedad Sweet Charlie con 20.3cm y 18.3cm respectivamente; el testigo mostró menor crecimiento de longitud de raíz con respecto a los tratamientos con enraizadores, con una leve superioridad de la variedad Oso Grande sobre Sweet Charlie con 16.8cm y 16.4cm respectivamente. Al respecto Mamani (2005), observó que la longitud de raíz desarrolló 15.9cm en la variedad Oso Grande y

18.9cm en la variedad Sweet Charlie, en medios de cultivo in vitro.

En la Figura 6, se observa el promedio de las dos variedades de longitud de raíz por cada tratamiento. El tratamiento con “agua” de coco desarrolló mayor longitud de raíz con 23.3cm, seguido del extracto de sábila con 20.4cm, luego del extracto de sauce con 19.3cm, por último el testigo con menor desarrollo de la longitud de raíz 16.6cm.

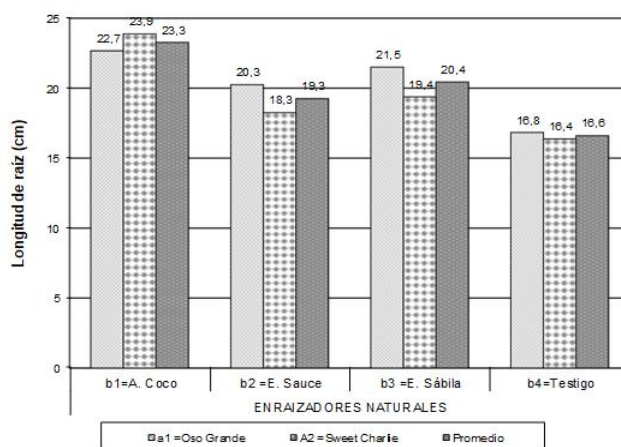


Figura 6. Comparación de promedios de longitud de raíz.

Para la formación de raíces también se asume la presencia de promotores de crecimiento de raíz, presentes en los enraizadores naturales aplicados, tales como la auxina que regulan el desarrollo vegetal y afecta al crecimiento las raíces; las citocininas, que promueven la organogénesis en los callos celulares, estimulan la división celular y el crecimiento además inhiben el desarrollo de raíces laterales, como lo señalado por Azcon-Bieto y Talon (1993). La manera en que las auxinas hacen crecer a la planta es por medio del aumento del volumen celular provocado por absorción de agua.

Según Hurtado y Merino (1997) mencionado por Mamani (2005), las citocininas promueven la

división celular, para que ocurra dicho proceso depende de una cadena de hechos (síntesis de ADN, mitosis y citocinesis), en los cuales la presencia de la citocinina, es necesaria para la mitosis. Al mismo tiempo afirman que si la citocinina está presente en concentraciones elevadas puede volverse limitante por lo menos de uno de los 3 pasos necesarios para la división celular.

Realizando el análisis de varianza para la variable longitud de raíz, que se observa en la Tabla 7, estadísticamente no existen diferencias entre las dos variedades de estudio, en cambio sí existen diferencias altamente significativas entre los enraizadores naturales aplicados.

Tabla 7. Análisis de varianza de longitud de raíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Variedades	1	13,13	13,13	1,83315	ns
Enraizadores	3	151,90	50,63	7,06761	**
Var x Enraizador	3	13,90	4,63	0,64667	ns
Error	24	171,94	7,16		
Total	31	350,87	11,32		
CV		13,31	%		

Por otro lado, nos muestra que no existen diferencias significativas en la interacción de variedades y enraizadores naturales. El coeficiente de variación obtenido en el análisis fue de 13,31 % que nos indica que la información de datos es confiable.

La Tabla 8 muestra, que no existen diferencias estadísticas entre los enraizadores aplicados, para la variable de estudio longitud de raíz,

realizando la discriminación de medias por el método de la prueba de Tuckey con nivel de significancia al 5%. Se observa que con el tratamiento de "agua" de coco obtiene mayor desarrollo de longitud de raíz, 23,4 cm, con respecto al tratamiento con extracto de sábila y al testigo, comportándose estadísticamente de manera similar frente al tratamiento con extracto de sauce. Por otro lado, el testigo con 17,4 cm y el tratamiento con extracto de sábila con 19,2 cm se comportan de manera similar, estadísticamente,

aunque numéricamente sea superior el tratamiento con extracto de sábila, con respecto a la variable longitud de raíz.

Aunque numéricamente se comporte superior el tratamiento con de “agua” de coco sobre

el tratamiento con extracto de sauce, 23,37 cm y 20,44 cm, respectivamente, estadísticamente son similares, respecto a la variable longitud de raíz, conviene realizar un análisis económico.

Tabla 8. Prueba de Tuckey de longitud de raíz

Enraizadores	Sig (5%)	Promedios de longitud de raíz (cm)	
“Agua” de coco	a	23,375	
Extracto de sauce	ab	20,438	20,438
Extracto de sábila	b		19,250
Testigo	b		17,375

La presencia de promotores de crecimiento en los enraizadores naturales aplicados, ha generado las diferencias encontradas en los resultados, donde el “agua” de coco posiblemente tenga mayor efecto en promover alargamiento de la raíz o que éste tenga mayor concentración de alguna determinada hormona de crecimiento, con respecto a los extractos de sauce y sábila que se comportaron de forma similar.

Skoog y Miller mencionado por Lagoutte (2009), propusieron que la formación de órganos en las plantas se debe al balance existente entre las citocininas y las auxinas. Usando cultivos de tabaco, demostraron que un balance alto de auxinas favorecía la formación de raíces mientras que un

balance alto de citocininas favorecía la formación de tallos y la inhibición de formación de raíces laterales, por lo que pudo producirse mayor desarrollo longitudinal de la raíz.

Se pudo observar que todas las raíces son adventicias y que surgieron en gran cantidad, haciéndose dificultoso su cuantificación, la raíz de mayor longitud, también adventicia, surgió de la parte central de la raíz, mostrándose vigorosos en las muestras analizadas.

Volumen Radicular

El análisis de los resultados obtenidos para la variable volumen radicular se detalla a continuación:

Tabla 9. Promedios de volumen radicular

VARIEDADES	Enraizadores Naturales			
	b ₁ =A. Coco	b ₂ =E. Sauce	b ₃ =E. Sábila	b ₄ =Testigo
a ₁ =Oso Grande	9,0 cm ³	8,8 cm ³	8,1 cm ³	6,5 cm ³
a ₂ =Sweet Charlie	8,6 cm ³	7,6 cm ³	6,6 cm ³	6,3 cm ³
Promedio	8,8 cm ³	8,2 cm ³	7,4 cm ³	6,4 cm ³

En la Tabla 9 se muestra los promedios obtenidos en cada tratamiento. Numéricamente se observa que la variedad Oso Grande (a₁) fue superior a la variedad Sweet Charlie (a₂) en todos los tratamientos.

Se asume que actúan diferentes factores para las diferencias encontradas en el volumen radicular, primeramente, para la diferencia entre variedades se debería a propiedades genotípicas y fenotípicas de cada variedad, como los señalan García y Noa (1998) citado por Mamani (2005), también pudo estar influenciado por el estado inicial de plantación de esquejes, como el diámetro de

corona y también influenció el desarrollo de foliar, los cuales pudieron producir mayor cantidad de biomasa que puso almacenar en el sistema radicular.

El tratamiento con “agua” de coco (b₁) desarrollo mayor volumen radicular, en a₁ obtuvo 9,0 cm³ y en a₂ 8,6 cm³; El tratamiento con extracto de sauce (b₂) desarrolló 8,8 cm³ en a₁ y 7,6 cm³ en a₂; el tratamiento con extracto de sábila (b₃) desarrolló 8,1 cm³ para a₁ y 6,6 cm³ para a₂; por último, el testigo (b₄), tuvo el menor desarrollo radicular frente a los tratamientos con enraizadores, donde a₁ desarrollo 6,5 cm³ y a₂ 6,3 cm³ (Figura 7).

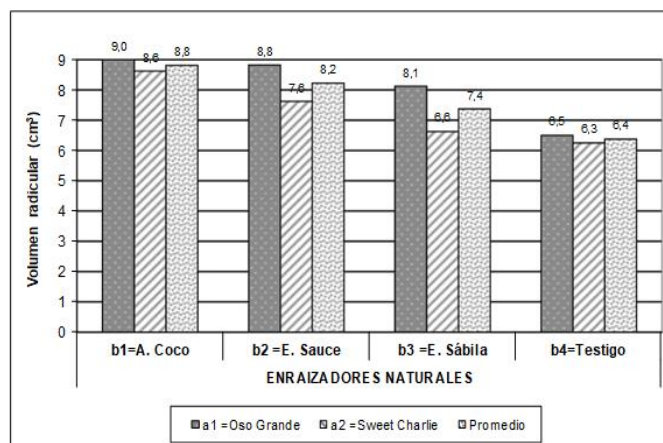


Figura 7. Comparación de promedios de volumen radicular.

En la Figura 7, se muestra también el promedio de las dos variedades por cada tratamiento, donde se observa que el tratamiento con “agua” de coco fue superior a los demás tratamientos desarrollando $8,8 \text{ cm}^3$, seguido del tratamiento con extracto de sauce con $8,2 \text{ cm}^3$, en tercer lugar se observa al tratamiento con extracto de sábila que desarrolló $7,4 \text{ cm}^3$ y por último encontramos al testigo con $6,4 \text{ cm}^3$.

En el análisis estadístico realizado, como se muestra en la Tabla 10, se observa que si existe diferencias altamente significativas entre las variedades; así también existe diferencias altamente significativas entre la aplicación de enraizadores naturales. Por otro lado no existen diferencias en la interacción de las variedades con los enraizadores. El coeficiente de variación obtenido es de $10,4 \%$, el cual da confianza de los datos obtenidos.

Tabla 10. Análisis de varianza de volumen radicular

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Variedades	1	7,03	7,03	10,8277	**
Enraizadores	3	23,67	7,89	12,1514	**
Var x Enraizador	3	1,49	0,50	0,76548	ns
Error	24	15,59	0,65		
Total	31	47,78	1,54		
CV		10,40	%		

En la Tabla 11 se muestra el resultado de la prueba de Tuckey, para la variable volumen radicular con respecto al factor variedad, observándose que

estadísticamente la variedad Oso Grande es superior con $8,1 \text{ cm}^3$, a la variedad Sweet Charlie con $7,3 \text{ cm}^3$.

Tabla 11. Prueba de Tuckey de volumen radicular entre variedades

Variedades	Sig (5%)	Promedios de volumen radicular (cm^3)
a ₁ =Oso Grande	a	8,1
a ₂ =Sweet Charlie	b	7,3

En la Tabla 12, se muestra los resultados de la prueba de Tuckey, del factor enraizador para la variable volumen radicular, donde estadísticamente son similares, en sus promedios de volumen, el tratamiento con “agua” de coco, con $8,84 \text{ cm}^3$, es superior al tratamiento con extracto de sábila con $7,38 \text{ cm}^3$ y al testigo con $6,56 \text{ cm}^3$. Así mismo el

tratamiento con extracto de sauce con $8,22 \text{ cm}^3$ tuvo un comportamiento superior al testigo. Claramente se observa que estadísticamente el testigo es el que obtuvo el menor desarrollo con respecto al volumen radicular llegando $6,56 \text{ cm}^3$.

Tabla 12. Prueba de Tuckey de volumen radicular entre enraizadores

Enraizadores	Sig (5%)	Promedios de volumen radicular (cm ³)		
"Agua" de coco	a	8,84		
Extracto de sauce	ab	8,22	8,22	
Extracto de sábila	bc		7,38	7,38
Testigo	c			6,56

Se considera al volumen radicular muy importante, ya que a mayor volumen tiene mayor almacén de nutrientes, con la posibilidad de que tenga mayor número de raíces que realizarían mayor absorción de nutrientes para la planta. Por otro lado Leis (1996) mencionado por Aprea et al. (2002) menciona, además la presencia de sustancias de reserva a nivel de aparato radicular y corona del plantín permite tener un desarrollo equilibrado durante la fase crítica de la plantación.

Aprea et al. (2002), señala que el 62 % de las sustancias de reservas se acumula en el sistema radicular del plantín, las cuales se reducen a medida que transcurre el tiempo desde la plantación, llegando a una enérgica reducción en los dos meses siguientes, esto influye en la producción total de fruta por planta, la cual resulta correlacionada positivamente con el número de raíces y el peso del sistema radicular presente en un determinado cultivar. El mismo autor determinó que el peso conveniente de los plantines es de 10 gramos por unidad, y que el uso de plantines de escaso

desarrollo y tamaño juega un rol negativo en el futuro desarrollo del cultivo.

Las variables cuantitativas, aunque no estén estandarizados, son perceptibles por el consumidor y/o productor y se relacionan positivamente con un producto superior: número y tamaño de las ramificaciones, adecuada relación tallo/raíz, turgencia e intensidad del color en hojas y flores, forma y compacidad de la planta (entendiéndose como tal la relación armónica y específica entre altura y diámetro de planta) (Divo de Sesar, 2002 mencionado por Aprea et al. 2002).

Índice de Área Foliar

En el cuadro 13 se presenta el análisis de varianza del área foliar, observándose que estadísticamente no existe diferencias entre las variedades, ni tampoco en la interacción de los factores variedad y enraizador natural. Por otro lado si existe diferencias altamente significativas entre los enraizadores. El coeficiente de variación es de 16,76% lo cual nos da confiabilidad de los datos.

Tabla 13. Análisis de varianza de área foliar

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Variedades	1	0,29	0,29	0,0116	ns
Enraizadores	3	600,86	200,29	8,1765	**
Var x Enraizador	3	23,15	7,72	0,3150	ns
Error	24	587,89	24,50		
Total	31	1212,18	39,10		

CV 16,76 %

La diferencia de área foliar, entre los tratamientos de enraizadores naturales aplicados, se hace el análisis con la prueba de Tuckey, que se muestra en el cuadro 14. Donde estadísticamente no hay diferencias, siendo que el tratamiento con "agua" de coco y el tratamiento con extracto de sábila, que desarrollaron área foliar de 28,43 cm² y 24,62 cm² respectivamente, se comportaron de manera similar.

Aunque numéricamente sea superior el tratamiento con "agua" de coco sobre el extracto de sábila, estadísticamente son similares, donde ambos se comportaron superiores sobre el testigo que desarrolló la menor área foliar, 16,44 cm². Debido a que los dos primeros tratamientos generaron mayor número de hojas, en cambio el testigo generó menor número de hojas.

Tabla 14. Prueba de Tuckey de Área Foliar

Enraizadores	Sig (5%)	Promedios de Área foliar (cm ²)	
"Agua" de coco	a	28,43	
Extracto de sábila	a	24,62	
Extracto de sauce	ab	22,97	22,97
Testigo	b		16,44

Nuevamente se evidencia que, si existe promotores de crecimiento en los enraizadores aplicados y que este tuvo efecto en las primeras dos semanas después de la aplicación, principalmente en la formación de número de hojas.

De ahí que el efecto que se tuvo al inicio, en la formación del número de hojas, de los promotores de crecimiento presentes en los enraizadores naturales, además de generar mayor volumen radicular, puede mejorar la producción de plantines de frutilla, generando mayor área foliar, subsecuentemente, mayor absorción de luz y mayor producción de biomasa vegetal, para obtener un mayor desarrollo de los plantines antes de ser llevados a lugar definitivo para su producción del fruto.

Por otro lado, el desarrollo del área foliar pudo estar influenciado por la asimilación de nutrientes absorbidos del sustrato mediante la raíz, ya que con en el tratamiento con "agua" de coco se

tuvo mayor volumen de raíz frente a los otros tratamientos, por lo que podría asimilar mayor cantidad de nutrientes del sustrato hasta la séptima semana de evaluación.

Una vez realizado el análisis del área foliar, se obtuvo el Índice de Área Foliar (IAF), para cada tratamiento, presentando los siguientes resultados.

La Tabla 15 y la Figura 8 presentan los promedios obtenidos del Índice de Área Foliar (IAF), por cada tratamiento, donde: el tratamiento con "agua" de coco (b1) es superior a todos los tratamientos, además la variedad Sweet Charlie (a1) muestra mayor IAF frente a la variedad Oso Grande, 0.46 y 0.43 respectivamente; el tratamiento con extracto de sauce (b2) presenta igual promedio de IAF en las dos variedades con valor de 0.36; El tratamiento con extracto de sábila (b3), presentan IAF de 0.40 en a1 y 0.37 en a2; por último el testigo presenta IAF de 0.27 en la variedad Sweet Charlie y 0.25 en la variedad Oso Grande.

Tabla 15. Promedios de Índice de Área Foliar (IAF)

VARIEDADES	Enraizadores Naturales				Promedio Variedades
	b ₁ =A. Coco	b ₂ =E. Sauce	b ₃ =E. Sábila	b ₄ =Testigo	
a ₁ =Oso Grande	0,43	0,36	0,40	0,25	0,36
a ₂ =Sweet Charlie	0,46	0,36	0,37	0,27	0,36
Promedio Enraizadores	0,44	0,36	0,38	0,26	0,36

Por otro lado, el promedio de IAF entre variedades son similares y el promedio de IAF entre los enraizadores muestra variabilidad, donde: con la aplicación de "agua" de coco presenta IAF de 0,44 que es superior a los demás tratamientos; seguido de

por la aplicación de extracto de sábila con 0,38; en tercer lugar encontramos a la aplicación con extracto de sauce con 0,36 de IAF; y en último lugar se tiene al testigo con 0,26.

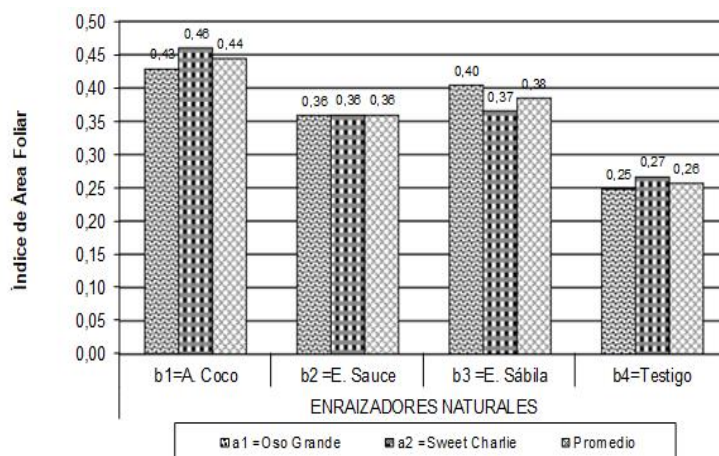


Figura 8. Comparación de promedios de IAF.

Al respecto Evans, (1978), Gardner, (1985), Johnson (1987) mencionado por Carretero *et al.* (2007), señalan que la producción de biomasa, por su parte, puede explicarse a partir de: (i) la fracción de la radiación solar incidente que es interceptada por el cultivo, la cual es función del índice de área foliar (IAF = cm² de hoja por cada cm² de suelo) y de la arquitectura de las hojas y; (ii) la capacidad del cultivo de convertir la radiación interceptada en biomasa (Eficiencia de Uso de la Radiación = EUR).

Lagoutte *et al.* (2009) afirman que, desde el punto de vista de la producción, una planta de alta calidad y buena estructura es aquella que no está ahilada, posee buen número de ramificaciones y

abundante floración, y es lo suficientemente compacta como para minimizar el deterioro cuando se embalan a altas densidades.

Diámetro de Corona

En la Tabla 16, se muestra el análisis de varianza para la variable diámetro de corona, donde estadísticamente no existe diferencias entre las variedades, ni tampoco en la interacción de los factores variedad y enraizador natural. Por otro lado si existe diferencias altamente significativas entre los enraizadores. Teniendo coeficiente de variación es de 12.94% lo que nos permite tener confiabilidad de los datos.

Tabla 16. Análisis de varianza de diámetro de corona

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Variedades	1	1,62	1,62	0,78403	ns
Enraizadores	3	26,68	8,89	4,30369	**
Var x Enraizador	3	1,57	0,52	0,25287	ns
Error	24	49,59	2,07		
Total	31	79,45	2,56		

CV 12,94 %

Las diferencias entre los tratamientos de enraizadores con respecto al diámetro de corona, en análisis con la prueba de Tuckey, se muestra en la Tabla 17. Donde estadística y numéricamente el tratamiento con “agua” de coco tiene mayor desarrollo con respecto al testigo, con 12,29 mm y 9,73 mm respectivamente.

Los tratamientos con extracto de sábila y extracto de sauce, 11,28 mm y 11,16 mm respectivamente, estadísticamente se comportan de manera similar tanto al tratamiento con “agua” de coco y al testigo, aunque numéricamente sean diferentes.

Tabla 17. Prueba de Tuckey de diámetro de corona

Enraizadores	Sig (5%)	Diámetro de corona (mm)	
"Agua" de coco	a	12,29	
Extracto de sábila	ab	11,28	11,28
Extracto de sauce	ab	11,16	11,16
Testigo	b		9,73

Estas diferencias, en la variable diámetro de corona, posiblemente sea debido a que el tratamiento con "agua" de coco tiene mayor área foliar, y esto a su vez generan una mayor producción de biomasa, que se almacena en la raíz fibrosa por una parte y también en la corona. Como menciona Aprea et al. (2002), donde el 62 % de las sustancias de reservas se acumula en el sistema radicular del plantín, el resto en la corona y en las hojas, las cuales se reducen a medida que transcurre el tiempo desde la plantación.

CONCLUSIONES

La aplicación de enraizadores naturales, en esquejes, en la producción de plantines de frutilla, si tuvo un efecto temporal de los promotores de crecimiento presentes en ellos, lo que aceleró el proceso de formación de raíces adventicias, la elongación en los brotes radiculares, apicales y laterales, el desarrollo radicular y foliar, durante las dos primeras semanas.

La aplicación de enraizadores naturales diferenció significativamente en la altura de planta, número de hojas, longitud de raíz, volumen radicular, área foliar y diámetro de corona, mostrando una superioridad del tratamiento con "agua" de coco, seguido de los extractos de sauce y sábila, en la mayoría de las variables, frente al testigo.

No existió diferencias de altura de planta, número de hojas, longitud de raíz, área foliar y diámetro de corona, entre las variedades Oso Grande y Sweet Charlie, en la producción de plantines de frutilla.

- ✓ Existe diferencia en el volumen radicular entre las dos variables, donde la variedad Oso Grande se mostró superior a la variedad Sweet Charlie.

- ✓ La interacción entre las variedades de frutilla y los tratamientos con enraizadores naturales, no mostraron diferencias en ninguna de las variables de estudio, en la producción de plantines de frutilla.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, Q. H. 2001. Manual del cultivo de fresa. Centro de Recursos. Las Sabanas. Somoto, Madriz - Nicaragua. 24 p.
- Aprea, A. Mitidieri, J. Zembo, J.C Gamboa, S.. Amoia, P. Agudiak, L.J. Castaño L. 2002. Influencia del tamaño del plantín fresco de frutilla (*Fragaria x ananassa*. Duch) en cuatro cultivares de día corto sobre la productividad. Disponible en: www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/hor/amh_0.15.htm
- Azcon-Bieto J., Talon M. (1993). Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana. Bogotá – Colombia. pp. 285 - 299.
- Carretero, R., Serrago R. A. Y Miralles D. J. 2007. Las enfermedades foliares en el cultivo de Trigo: Una perspectiva ecofisiológica Fuente: 1ª Jornada de Trigo de la Región Centro, Buenos Aires-Argentina. Consultado 26 de septiembre de 2011. Disponible en: <http://www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=21165&id2=21168&publi>
- Condori, E. 2006. Efecto de enraizadores naturales en la propagación asexual de arce negundo (*Acer negundo*), en vivero. Tesis de grado. UMSA-Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 66 p.
- Folquer, F. 1986. La frutilla o fresa. Editorial hemisferio sur, Buenos Aires- Argentina. 149 p.
- García M., Hernandez, R., Estevez, M., Bustios, S., Echevarría, Y. 2009. Utilización del Aloe vera L. en la composición de medios de Cultivo para la fase de enraizamiento de la variedad comercial de plátano FHIA 18. *Centro de*

- Información y Gestión Tecnológica. Pinar del Rio – Avances*. Vol. 10 (4). 10 p.
- García M., Hernandez, Bustios S., Estevez M., Echevarria Y., Cruz R., Leon L. Y Del Busto A. 2009. Algunas experiencias en la utilización del Aloe vera L. en la preparación de medios de cultivo. Disponible en: <https://issuu.com/sandokike/docs/aloe-vera-medios-de-cultivo>
- Hartman, F. 1990 Invernaderos y ambientes atemperados. FADES. La Paz – Bolivia. pp. 30-40.
- HARTMANN, H. y KESTER, D. 1998. Propagación de plantas. Compañía Editorial Continental, S.A. C.V. México. 760 p.
- Lagoutte, S. Divo De Sesar, M. y Vilella, F. 2009. Efecto del tamaño de celdas y citocininas en el crecimiento de plantas de petunia. Revista internacional de botánica experimental, Fundación Rómulo Raggio. Disponible en: www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar
- Lira, R. H. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial trillas 1ª edición, México D.F. pp 193-212.
- Mamani, B. 2005. Comportamiento in vitro de dos variedades de frutilla (*Fragaria ananassa* Duch) para su micropropagación en diferentes medios de cultivo. Tesis de grado. UMSA-Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 118 p.
- Números de nuestra tierra, 1999. Revista. s.e. Cochabamba – Bolivia.
- Parrotta, J. A. 1993. Cocos nucifera L. Coconut, coconut palm, palma de coco. SO-ITFSM. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. USA. 7 p. Disponible en: www.fs.fed.us/global/iitf/Cocosnucifera.pdf
- Rodríguez H. y Hechevarría I. 2004. Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de Aloe vera (L.) N. L. Burm. Estación Experimental de Plantas Medicinales. "Dr. Juan Tomás Roig"- Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol9_2_04/pla06204.htm
- Serrano, Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernadero. Editorial AEDOS. Barcelona, España. pp. 181 – 192.