

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**ELABORACIÓN DE ESPUMAS FLORALES FENÓLICAS QUE
INCORPORAN NUTRIENTES, SUSTANCIAS INHIBIDORAS DE
ETILENO, PRESERVANTES Y BACTERICIDAS PARA LA
CONSERVACIÓN PROLONGADA DE PLANTAS OBTENIDAS IN
VITRO EN EL LABORATORIO DE CULTIVO DE TEJIDOS.**

Previa a la obtención de Grado Académico o Título de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA

ELABORADO POR:

DANIELA ALEJANDRA ESPINOZA ZAMBRANO

SANGOLQUÍ, 19 de Julio del 2010

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

Daniela Alejandra Espinoza Zambrano

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Rafael Vargas

SECRETARIA ACADÉMICA

Abg. Vanessa Andrade

Sangolquí, 19 de julio del 2010

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta. DANIELA ALEJANDRA ESPINOZA ZAMBRANO como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA.

19 de Julio del 2010

Ing. Patricia Moreira
DIRECTOR DEL PROYECTO

M.Sc. Mónica Jadán
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Dedicado con mucho amor a mis padres, Armando y Marcia. Ellos han sido el pilar de mi formación personal y académica. Gracias por su cariño, consejos y apoyo durante todos mis años como estudiante.

A mis hermanos, por estar presentes en mi vida. A toda mi familia. Y en especial a la persona que siempre a estado a mi lado y me ha apoyado en las buenas y en las malas, Juan Francisco.

Dedicado también a aquellas personas que han compartido momentos inolvidables a lo largo de mi vida universitaria, mis amigos.

Daniela Alejandra Espinoza Zambrano

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mis padres por darme el ejemplo y enseñarme lo bueno y lo malo de la vida. Gracias, por el apoyo brindado a lo largo de la realización de esta tesis, especialmente a mi madre por la ayuda y apoyo incondicional ofrecido.

Gracias, a mi familia por apoyarme siempre y estar pendientes de mí.

Agradezco a la Ing. Patricia Moreira por permitirme trabajar en este proyecto y por las enseñanzas, ayuda y apoyo brindado durante la realización del mismo. Y por ser una excelente profesional.

A la M.Sc. Mónica Jadán por ser un ejemplo de persona, profesional y guía. Gracias por el apoyo y ayuda proporcionados durante este largo tiempo.

Agradezco a la Facultad de Ingeniería en Biotecnología de la Escuela Politécnica del Ejército por haberme formado durante estos cinco años y por haberme impartido conocimientos y experiencia que me permitirán desarrollarme como una buena profesional.

Finalmente agradezco a mi amigos y compañeros por haber compartido conmigo esta etapa tan importante de mi vida. Por haber estado ahí desde el inicio hasta el final de la carrera universitaria, de cada uno de ustedes me llevo recuerdos inolvidables.

Daniela Alejandra Espinoza Zambrano

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Hoja de legalización de firmas	ii
Certificación	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Resumen	xiv
Abstract	xv
1. Introducción	- 1 -
1.1 Formulación del problema.....	- 1 -
1.2 Justificación del problema	- 2 -
1.3 Objetivos de la investigación.....	- 3 -
1.4 Marco Teórico.....	- 4 -
1.4.1 Espumas fenólicas	- 4 -
1.4.1.1 Características	- 4 -
1.4.1.2 Composición de las espumas fenólicas	- 5 -
1.4.1.2.1 Resinas fenólicas	- 5 -
1.4.1.2.2 Surfactantes	- 14 -
1.4.1.2.3 Agentes de soplado (Blowing agent).....	- 14 -
1.4.1.2.4 Agentes de humectación (Wetting agent).....	- 17 -
1.4.1.2.5 Modificadores	- 17 -
1.4.1.2.6 Agentes de neutralización para ácidos.....	- 17 -
1.4.1.3 Elaboración	- 19 -
1.4.1.3.1 Procesos de espumado	- 19 -
1.4.1.3.2 Instalaciones de manufactura	- 22 -
1.4.1.3.3 Procesos de curado	- 23 -
1.4.2 Espumas Florales	- 25 -
1.4.2.1 Concepto	- 25 -
1.4.2.2 Características	- 25 -
1.4.2.3 Composición	- 26 -
1.4.2.4 Elaboración	- 27 -
1.4.3 Fisiología Vegetal	- 29 -
1.4.3.1 Factores fisiológicos.....	- 29 -
1.4.3.2 Hormonas vegetales	- 31 -
1.4.3.3 Nutrición vegetal	- 38 -
1.4.3.4 Bactericidas vegetales	- 42 -
1.5. Sistema de hipótesis o pregunta de investigación.....	- 43 -
2. MATERIALES Y MÉTODOS	- 44 -
2.1 Participantes.....	- 44 -
2.2 Zona de estudio	- 44 -
2.3 Periodo de tiempo de investigación	- 45 -
2.4. Diseño.....	- 45 -
2.4.1 Composición química de las espumas florales	- 45 -

2.4.2 Componentes nutritivos para la espuma floral	- 46 -
2.4.3 Pruebas de comparación de espuma floral	- 47 -
2.5 Procedimientos.....	- 48 -
2.5.1 Preparación de plántulas.....	- 48 -
2.5.1.1 Preparación de medio Murashige y Skoog	- 48 -
2.5.1.2 Preparación medio Knudson	- 48 -
2.5.1.3 Traspaso de plántulas para proceso de aclimatación.....	- 50 -
2.5.2 Preparación de resinas fenólicas tipo resol.....	- 52 -
2.5.3 Elaboración de espumas fenólicas	- 53 -
2.5.4 Establecimiento de constituyentes nutritivos en la espuma.....	- 56 -
2.5.5 Elaboración de espumas fenólicas con sustancias óptimas	- 60 -
2.5.6 Pruebas de comparación entre la espuma floral nutritiva y OASIS.....	- 61 -
2.5.6.1 Comparación de las propiedades de las espumas florales	- 62 -
2.5.6.2 Análisis microscópico de la estructura celular de la espuma floral	- 62 -
2.5.6.3 Pruebas de longevidad vegetal.....	- 63 -
2.5.6.4 Pruebas de aclimatación	- 63 -
2.5.6.4.1 Características cualitativas.....	- 64 -
2.5.6.4.2 Características cuantitativas.....	- 65 -
2.5.6.5 Prueba de adaptación vegetal a los soportes florales	- 65 -
2.5.6.6 Consumo de agua	- 66 -
2.6 Análisis de Datos	- 67 -
3. RESULTADOS	- 67 -
3.1 Preparación de plántulas de orquídea y violeta	- 68 -
3.2 Preparación de resina fenólica tipo resol.....	- 68 -
3.3 Composición química y elaboración de espumas florales	- 72 -
3.4 Componentes nutritivos para espuma floral	- 76 -
3.5 Elaboración de espumas florales fenólicas enriquecidas	- 91 -
3.6 Pruebas de comparación de las espumas florales	- 92 -
3.6.1 Comparación propiedades espumas florales.....	- 92 -
3.6.2 Análisis microscópico de la estructura celular de las espumas florales	- 94 -
3.6.3 Pruebas de aclimatación, adaptación y longevidad floral	- 97 -
3.6.3.1 Características Cualitativas.....	- 98 -
3.6.3.2 Características Cuantitativas.....	- 99 -
3.6.4 Consumo de agua de las espumas florales.....	- 103 -
4. Discusión.....	- 106 -
5. Conclusiones.....	- 113 -
6. Recomendaciones	- 116 -
7. Bibliografía.....	- 119 -

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1 Propiedades físicas de la resina fenólica usada en espumas florales	- 26 -
Tabla 1.2 Composición para la elaboración de espuma floral.....	- 28 -
Tabla 2.1 Factores estadísticos del diseño experimental para la composición química de las espumas florales.	- 45 -
Tabla 2.2 Factores estadísticos del diseño experimental para la determinación de los componentes nutritivos para la espuma floral	- 46 -
Tabla 2.3 Factores estadísticos del diseño experimental para pruebas de comparación de espumas florales.....	- 47 -
Tabla 2.4 Reactivos usados para la preparación del medio nutritivo M&S	- 49 -
Tabla 2.5 Sales usadas para la preparación del medio Knudson para orquídeas.....	- 51 -
Tabla 2.6 Reactivos y formulaciones usadas para la elaboración de espumas florales a partir de la composición 4	- 58 -
Tabla 2.7 Preservantes, nutrientes, inhibidor de etileno y bactericida adecuados para el enriquecimiento de la espuma floral	- 61 -
Tabla 3.1 Reactivos y formulaciones para la elaboración de espumas florales	- 72 -
Tabla 3.2 Características cuantitativas obtenidas de los diferentes tratamientos utilizados en la elaboración de las espumas florales, incluido el soporte floral OASIS®.....	- 73 -
Tabla 3.3 Características cualitativas obtenidas de los diferentes tratamientos utilizados en la elaboración de las espumas florales, incluido el soporte floral OASIS®.	- 73 -
Tabla 3.4 Supervivencia de las plantas en la etapa de aclimatación.....	- 81 -
Tabla 3.5 Anova para la variable crecimiento de las plantas de violeta	- 86 -
Tabla 3.6 Análisis de interacción de los tratamientos vs crecimiento de violeta	- 87 -
Tabla 3.7 Anova para la variable crecimiento de las plantas de orquídea	- 89 -
Tabla 3.8 Contraste múltiple de rangos de los tratamientos respecto al crecimiento	- 90 -
Tabla 3.9 Nutrientes, preservantes, inhibidores de etileno y bactericidas adecuados para el enriquecimiento de la espuma floral	- 92 -
Tabla 3.10 Comparación de la espuma floral enriquecida y la comercial.	- 93 -
Tabla 3.11 ANOVA para la variable crecimiento de las plantas de orquídea.....	- 102 -
Tabla 3.12 Contraste múltiple de rangos de los sustratos con respecto al crecimiento	- 103 -

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1.1 Condiciones de preparación y propiedades del resol	- 8 -
Cuadro 1.2 Composición típica de una espuma fenólica	- 18 -
Cuadro 1.3 Efecto de los factores químicos y mecánicos en el proceso de espumado ..	- 22 -
Cuadro 1.4 Formulación típica de espuma floral	- 27 -

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Clasificación de las espumas fenólicas	- 6 -
Figura 1.2 Proceso típico de preparación de resoles.....	- 7 -
Figura 1.3 Síntesis de resinas fenol-formaldehído por policondensación de fenoles con exceso de formaldehído.....	- 11 -
Figura 1.4 Formación del anión fenolato durante la reacción entre fenol e hidróxido de sodio. Reacción entre anión fenolato y formaldehído.....	- 12 -
Figura 1.5 Reacción de metilolación. Reacción entre fenol y formaldehído	- 12 -
Figura 1.6 Polimetilolación. Reacción entre fenol y formaldehído.....	- 13 -
Figura 1.7 Formación del retículo. Reacción entre fenol y formaldehído	- 13 -
Figura 1.8. Máquina para Espumas Fenólicas Flujo tipo Standard	- 28 -
Figura 1.9 Balance hormonal entre citoquininas y etileno.....	- 34 -
Figura 1.10 Inhibidores de la síntesis de etileno	- 36 -
Figura 2.1 Fotografías aéreas. Laboratorio de Biotecnología de la ESPE.....	- 44 -
Figura 2.2 Plántulas de violeta en condiciones in Vitro	- 50 -
Figura 2.3 Plántulas de orquídea en condiciones in Vitro	- 52 -
Figura 2.4 Plantas de violeta (<i>Saintpaulia ionantha</i>) y orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) aptas para la etapa de aclimatación en turba y espuma floral	- 53 -
Figura 2.5 Mecanismo para la elaboración de la resina fenólica tipo resol	- 55 -
Figura 2.6 Resina fenólica tipo resol	- 55 -
Figura 2.7 Esquema del molde cerrado de aluminio usado para la elaboración de espumas fenólicas florales	- 59 -
Figura 2.8 Orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) en soporte floral	- 66 -
Figura 2.9 Medición de características cuantitativas	- 66 -

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Foto 3.1 Plantas de violeta africana y orquídea sometidas a diferentes tratamientos en dos tipos de sustratos	- 77 -
Foto 3.2 Plantas de orquídea y violeta después de la etapa de aclimatación	- 78 -
Foto 3.3 Plantas después de la etapa de aclimatación, sometidas al Tratamiento T0 (Agua destilada).	- 78 -
Foto 3.4 Plantas después de la etapa de aclimatación, Tratamiento T1 (M&S)	- 79 -
Foto 3.5 Plantas después de la etapa de aclimatación, Tratamiento T2 (Knudson).	- 79 -
Foto 3.6 Plantas después de la etapa de aclimatación, Tratamiento T3 (Medio comercial Multiflor).	- 80 -
Foto 3.7 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral OASIS®	- 94 -
Foto 3.8 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral del Tratamiento 1....	- 95 -
Foto 3.9 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral del Tratamiento 2....	- 95 -
Foto 3.10 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral del Tratamiento 3..	- 96 -
Foto 3.11 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral del Tratamiento 4..	- 96 -
Foto 3.12 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral del Tratamiento 5..	- 97 -
Foto 3.13 Plantas de orquídea sembradas en espuma floral fenólica	- 98 -
Foto 3.14 Plantas de orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) sembradas en espuma floral fenólica enriquecida (A) y espuma floral comercial (B). fenólica.....	- 99 -

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1	Progreso de la viscosidad de la resina fenólica a temperatura ambiente	- 69 -
Gráfico 3.2	Progreso de la viscosidad de la resina fenólica a temperatura de reacción .	- 70 -
Gráfico 3.3	Comparación cambios de viscosidad de resina fenólica.....	- 71 -
Gráfico 3.4	Capacidad de absorción de agua de las espumas florales obtenidas	- 74 -
Gráfico 3.5	Medida del pH de la espuma floral fenólica	- 75 -
Gráfico 3.6	Densidad de la espuma floral fenólica.....	- 76 -
Gráfico 3.7	Supervivencia de plantas por tratamientos (Nutrientes).	- 81 -
Gráfico 3.8	Supervivencia de plantas por sustrato (Espuma floral - tierra).	- 82 -
Gráfico 3.9	Supervivencia de plantas de Violeta por tratamiento.	- 82 -
Gráfico 3.10	Supervivencia de plantas de Orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) por tratamiento. ..	- 83 -
Gráfico 3.11	Calidad del sustrato durante la etapa de aclimatación de violetas.	- 84 -
Gráfico 3.12	Calidad del sustrato durante la etapa de aclimatación de orquídeas	- 84 -
Gráfico 3.13	Medias e Intervalos del crecimiento de violeta.	- 85 -
Gráfico 3.14.	Gráfico de interacción del crecimiento de plantas de Orquídea	- 85 -
Gráfico 3.15	Medias e Intervalos de crecimiento de plantas de Orquídea.....	- 88 -
Gráfico 3.16	Gráfico de interacción del crecimiento de plantas de Orquídea.....	- 88 -
Gráfico 3.17.	Supervivencia de plántulas por sustrato durante 2 semanas	- 100 -
Gráfico 3.18	Medias e Intervalos de crecimiento de plantas de Orquídea.....	- 101 -
Gráfico 3.19	Gráfico de interacción del crecimiento de plantas de Orquídea.....	- 101 -
Gráfico 3.20.	Porcentaje de pérdida de agua evaporada de los soportes sin plantas	- 104 -
Gráfico 3.21	Porcentaje de pérdida de agua evaporada de los soportes con plántulas	- 105 -

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Metodología usada para la elaboración de resinas fenólicas	- 125 -
Anexo 2. Composición de la espuma floral (<i>Pilato, 1979</i>).....	- 125 -
Anexo 3. Esquema de elaboración de espumas florales.	- 126 -
Anexo 4. Metodología de elaboración de espuma floral	- 127 -
Anexo 5. Diseño del invernadero para ser utilizado en aclimatación.	- 128 -
Anexo 6. Características del invernadero.	- 128 -
Anexo 7a. Planta de orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) adaptada a soporte de espuma floral durante un periodo de 8 meses, después de la etapa de aclimatación. Sangolquí – Ecuador. Espinoza, 2009.....	- 129 -
Anexo 7b. Raíces de la planta de orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) adaptadas a soporte de espuma floral durante un periodo de 8 meses después de la etapa de aclimatación. Sangolquí – Ecuador. Espinoza, 2009.....	- 129 -
Anexo 7c. Penetración de raíz de orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) en la espuma floral. Sangolquí – Ecuador. Espinoza, 2009	- 129 -
Anexo 8. Datos del crecimiento (cm) de orquídeas (<i>Cattleya spp.</i>) en espuma floral y tierra, con tratamientos nutritivos T0, T1, T2 y T3	- 130 -
Anexo 9. Datos del crecimiento (cm) de violetas (<i>Saintpaulia ionantha</i>) en espuma floral y tierra, con tratamientos nutritivos T0, T1, T2 y T3.	- 131 -
Anexo 10. Calidad de las plantas de violetas (<i>Saintpaulia ionantha</i>) y orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) en espuma floral y tierra, con tratamientos nutritivos T0 y T1.....	- 132 -
Anexo 11. Calidad de las plantas de violetas (<i>Saintpaulia ionantha</i>) y orquídea (<i>Cattleya spp.</i>) en espuma floral y tierra, con tratamientos nutritivos T2 y T3.....	- 133 -

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal la obtención de espumas florales fenólicas, en las cuales se incorporaron nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas para la conservación prolongada y aclimatación de plantas obtenidas in Vitro. Se utilizaron cinco tratamientos para determinar la mejor composición, que cumpla con las características de las espumas florales existentes. La composición de la espuma incluía resina, ácido catalizador, surfactante, agente de soplado, agente humectante, agente estabilizador y tintura. A la mezcla se le añadió una cantidad precisa de nutrientes, posteriormente se sometió a un proceso de curado térmico y secado a temperatura ambiente para obtener la espuma. Se determinó que la mejor composición de la espuma floral contenía 44.95 partes de resina fenol-formaldehído, componente principal, 11.23 partes de éter de petróleo, 22.48 partes de ácido sulfónico, 2.24 partes de texapon, 7.86 partes de tween, 4.5 partes de urea y 6.75 partes de tintura verde. A la composición se le adicionó 0.0002 g. de sustancias inhibidoras de etileno (Nitrato de plata), 0.0169 g. de preservantes (Citrato de sodio y ácido cítrico), 0.6332 g. de nutrientes (Sulfato de zinc, sulfato de magnesio, fosfato de potasio, sulfato de hierro, sulfato de manganeso, nitrato de calcio y sacarosa), y 0.0665 g. de bactericidas (Sulfato de aluminio y Phytol) por gramo de espuma. La espuma obtenida tiene una capacidad de absorción de 20 veces su peso en agua, presenta un pH de 6.79 y una densidad de 0.0255 g/cm³. Se determinó mediante pruebas de campo la adaptación de orquídeas (*Cattleya spp.*) a la espuma floral debido a que un 100% de las plantas se adaptaron exitosamente durante la etapa de aclimatación, presentando buena inserción radicular, ausencia de contaminación y crecimiento vegetal normal. Se realizaron pruebas comparativas entre el EFE (Espuma floral enriquecida) y EFC (Espuma floral comercial), los resultados demostraron que no existen diferencias significativas en cuanto a sus características y utilización como sustrato.

ABSTRACT

This study is primarily intended for floral phenolic foam, in which nutrients, ethylene-inhibiting substances, preservatives and bactericidal were added for longer storage and acclimatization of plants obtained in Vitro. Five treatments were used to determine the best composition that meets the characteristics of existing floral foam. The foam composition included resin, acid catalyst, surfactant, blowing agent, wetting agent, stabilizing agent and dyeing. To the mixture was added a precise amount of nutrients, then underwent a thermal curing process and dried at room temperature to obtain the foam. It was determined that the best composition of the floral foam containing 44.95 parts of phenol-formaldehyde resin, the main component, 11.23 parts of petroleum ether, 22.48 parts of sulfonic acid, 2.24 parts of texapon, 7.86 parts of Tween, 4.5 parts of urea and 6.75 parts of dye green. A composition was added 0.0002 g. of inhibitors of ethylene (silver nitrate), 0.0169 g. preservatives (sodium citrate and citric acid), 0.6332 g. nutrient (zinc sulfate, magnesium sulfate, potassium phosphate, iron sulphate, manganese sulphate, calcium nitrate and sucrose), and 0.0665 g. of bactericides (aluminum sulfate and Python) per gram of foam before exothermic cure. The foam produced has a capacity to absorb 20 times its weight in water has a pH of 6.79 and a density of 0.0255 g/cm³. Was determined by field testing the adaptation of orchids (*Cattleya spp.*) to floral foam because 100% of plants adapted successfully for the acclimatization stage showed good root insertion, absence of pollution and normal plant growth. Comparative tests were conducted between the EFE (rich floral foam) and EFC (commercial floral foam), the results showed no significant differences in their characteristics and use as a substrate.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación del problema

Las plantas obtenidas a nivel in Vitro que se encuentran aptas para la etapa de transplante y aclimatación necesitan adaptarse a nuevas condiciones ambientales, como cantidad de luz, temperatura, sustrato, humedad, etc. Muchas de estas plantas no logran aclimatarse lo cual ocasiona estrés o muerte de la misma. Las orquídeas son una de las especies que tarda en adaptarse al proceso de aclimatación y uno de los principales problemas es encontrar el sustrato adecuado para que esta crezca y se adapte sin problemas.

El presente proyecto está destinado a la elaboración de espumas florales fenólicas, usadas como sustrato enriquecido para acortar los periodos de aclimatación de orquídeas y violetas obtenidas in Vitro que salen del laboratorio de cultivo de tejidos, así como para la conservación prolongada de flores. Las espumas florales han sido usadas por largo tiempo como soportes para flores cortadas y transportación de estas, pero hoy en día su uso se ha extendido en la técnica de semihidroponía. La espuma es usada como soporte para sostener y fijar flores o plantas, las cuales pueden absorber agua y mantenerse vivas por un tiempo determinado. Además es conocido que a estas espumas se les adiciona soluciones comerciales que contienen preservantes y sirven como sustrato enriquecido.

En el mercado estas espumas son usadas por floristas para realizar arreglos florales de distintos tipos y para distintas ocasiones, además se ha desarrollado su utilización en hidroponía. La elaboración de espumas florales fenólicas que incorporan nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas específicos para la conservación prolongada de plantas, evitaría la adición y compra de soluciones comerciales a los soportes debido a que esta ya tendría incluido en su composición sustancias necesarias para prolongar la vida vegetal en el soporte floral, permitiendo así

minimizar gastos, obtener un período más largo de vida y desarrollo de plantas y flores. En Ecuador no se ha desarrollado ampliamente la técnica de elaboración de espumas fenólicas al igual que las resinas, que son la materia prima para la elaboración de estas. Las cuales se importan de países como Colombia y Estados Unidos. Además las fuentes de información acerca de la composición y elaboración de las espumas fenólicas es escasa.

1.2 Justificación del problema

La utilización de espumas o soportes para plantas y flores es muy usada en nuestro país. Las plantas obtenidas in Vitro necesitan durante el periodo de aclimatación cambiar de sustrato y adaptarse a las condiciones ambientales externas, como humedad, cantidad de agua disponible, temperatura, pH del suelo, etc. Las espumas florales permitirían a la planta adaptarse a estas condiciones y aún mejor si contienen nutrientes y preservantes que ayuden al desarrollo ex Vitro de la misma, permitiendo además un mayor tiempo de longevidad vegetal y adaptación. La longevidad vegetal es el tiempo que tiene de vida una flor o planta, desde el momento en que es transplantada o cortada, hasta el momento que se marchita por completo o muere. Además se permite mejorar el crecimiento de las plantas al evitar que estas sean descompuestas por bacterias al estar sometidas a altos niveles de humedad (*Durkin, 1999*).

Debido a esto se busca la necesidad de extender el periodo de longevidad vegetal y conservación de plantas obtenidas en el laboratorio por medio de una espuma fenólica mejorada que contenga nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas específicos para la conservación prolongada de estas plantas. Existen diferentes factores que afectan la vida vegetal de plantas obtenidas in Vitro, como por ejemplo: pérdida de agua, exceso de agua, falta de humedad, daño por etileno, amarillamiento de las hojas, nutrientes insuficientes, y bloqueo del xilema o de las raíces por crecimiento bacteriano (*Reyes et al, 2003, p. 266*).

La obtención de una composición adecuada de nutrientes, preservantes, bactericidas e inhibidores de etileno; incluida en espumas florales nos permite usarlas

como soportes para evitar que las plántulas tan delicadas al momento de sacarlas del estado in Vitro y climatizarlas mueran o se deshidraten y cuenten con los nutrientes necesarios para esta etapa.

El uso de productos espumados de fenol-formaldehído como soporte vegetal ha sido de uso común en la industria floral por muchos años (*Pilato, 1979*). De modo que las espumas fenólicas pueden ser usadas como sustrato para la adaptación de plantas y crecimiento de las mismas. Además, la obtención de una composición apta para la elaboración de las espumas fenólicas nos permite conocer más acerca del amplio mundo de las resinas y el uso de estas para la fabricación de materiales en la industria.

1.3 Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Elaborar espumas florales fenólicas que incorporen nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas específicos para la conservación prolongada de plantas obtenidas en el laboratorio mediante cultivo in Vitro.

Objetivos Específicos

Determinar la composición química para la elaboración de espumas fenólicas florales que posean características apropiadas para utilizarse como soportes vegetales.

Determinar la composición y cantidad exacta de los nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas a ser adicionados a la espuma floral fenólica, como soluciones nutritivas, específicas para conservación de plantas obtenidas in Vitro en laboratorio.

Elaborar la espuma fenólica floral que incorpora sustancias inhibidoras de etileno, preservantes, nutrientes, y bactericidas determinados para desarrollo, aclimatación y prolongación de vida vegetal en etapa de aclimatación.

Realizar pruebas de comparación con los soportes florales obtenidos comparados con espumas florales marca [®]OASIS expendidas en el mercado nacional.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Espumas fenólicas

La espuma fenólica es un material versátil usado en variedad de aplicaciones, dependiendo las características propias de cada una de ellas. Las espumas fenólicas son producidas a partir de resoles. Los resoles son producidos por una reacción de condensación entre fenol y formaldehído con un catalizador básico. Estos resoles fenólicos son usados principalmente para la elaboración de espumas fenólicas (*Carlson et al., 1985*).

La composición y el método por el medio del cual se preparan espumas fenólicas es conocido. Una composición espumable de resol fenólico se prepara mediante el uso y mezcla de un resol fenólico, un agente de espumado, surfactante, ácido catalizador y aditivos opcionales (*Carlson et al., 1985*).

1.4.1.1 Características

Las características de las espumas fenólicas difieren de acuerdo a su aplicación. Las espumas fenólicas preparadas a partir de resoles fenólicos tienen densidades de entre aproximadamente 0.02407 a 0.08026 g/cm³. Pero preferiblemente se desea obtener densidades entre 0.03210 a 0.06420 g/cm³.

Las espumas fenólicas están clasificadas dentro de cuatro tipos de acuerdo a su estructura celular (*Iwasaki, 1990*):

Tipo A. Alto contenido de células cerradas, conductividad térmica baja.

Tipo B. Alto contenido de células cerradas, conductividad térmica alta.

Tipo C. Células abiertas, alta resistencia.

Tipo D. Células abiertas, baja resistencia.

La espuma fenólica posee celdas celulares las cuales presentan paredes celulares perforadas o rotas, las cuales permiten la absorción de agua. Una de las causas de la ruptura de las paredes celulares es la presencia de agua en la composición del resol de la espuma fenólica. Particularmente agua presente en el catalizador (*Carlson et al., 1985*).

La ruptura de las paredes celulares causada por agua no es tan severa como la ruptura causada por no tener una fuerza de control en la composición de espumado o por lo menos la misma magnitud como la fuerza generada por el agente de espumado al momento de expandirse o romperse causado por el uso de un resol fenólico que exoterma muy rápido y muy alto (*Carlson et al., 1985*).

1.4.1.2 Composición de las espumas fenólicas

1.4.1.2.1 Resinas Fenólicas

Las resinas fenólicas son polímeros de condensación formados por la reacción entre fenoles y aldehídos, estas son el principal componente de las espumas fenólicas (*Iwasaki, 1990*). Son predominantemente resinas tipo resol líquidas. Los resoles acuosos consisten de fenol y formaldehído en relaciones molares de 1:1.5 – 2.5. La reacción es llevada a cabo de modo que se obtenga bajas cantidades de fenol y formaldehído libre. Un contenido residual bajo es de mucha ayuda al momento de manejar y minimizar la emisión de los monómeros durante el proceso de espumado. Hidróxido de sodio o hidróxidos alcalinos son usados como catalizadores. La condensación es conducida a temperaturas entre 60-90°C. El contenido de sólidos de la resina y la viscosidad son ajustados por destilación (*Gardziella et al., 2000*).

Las propiedades de un resol típico para preparación de espumas consisten de aproximadamente un 80% de sólidos. Con componentes volátiles como agua, formaldehído y fenol. Una viscosidad de 3000 a 8000 mPa.s es adecuada, con un contenido residual de agua de 5-10%. Muchas variables relacionan el comportamiento del espumado final con el resol resultante. Muchas pruebas de reactividad de la resina se llevan a cabo para evaluar la resina tipo resol a usar para el proceso de espumado. Estos tests se realizan de acuerdo a las peticiones del fabricante y el productor. La densidad de la espuma es regulada por el tipo de surfactante, cantidad de agente de soplado, contenido de catalizador, temperatura y reactividad de la resina (*Gardziella et al., 2000*).

La reactividad está influenciada por el tiempo de almacenamiento de la resina. La vida de almacenamiento de resoles es limitada, y generalmente es de 2-4 meses a 5-10°C, el cual es óptimo. La reactividad de la resina decrece con el incremento del tiempo de almacenamiento. Similarmente la viscosidad de la resina incrementa considerablemente, la viscosidad máxima debe estar por debajo de los 10000 mPa.s (*Gardziella et al., 2000*).

Clasificación

Las resinas fenólicas están divididas ampliamente dentro de dos categorías, como se muestra en la Figura 1.1. Una es del tipo novolaca y la otra es del tipo resol. En las resinas de tipo novolaca, el fenol y el formaldehído reaccionan en la presencia de un catalizador ácido y forman un producto de condensación lineal por medio de cadenas metileno. En las resinas de tipo resol, el fenol y el formaldehído reaccionan en presencia de un catalizador básico y da como resultado un resol de tipo líquido al cual se adjunta un ácido catalizador y un agente soplante para que la espuma se forme (*Iwasaki, 1990*).

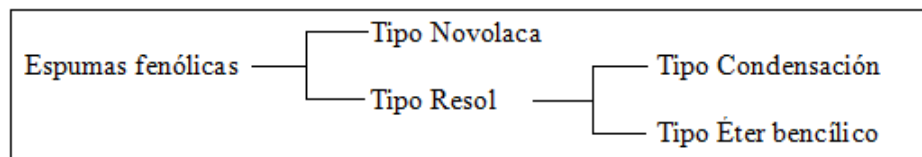


Figura 1.1 Clasificación de las espumas fenólicas (*Iwasaki, 1990*).

Resina tipo Resol

El resol se forma como resultado de la reacción entre fenol y formaldehído en presencia de un catalizador básico. Las condiciones de temperatura y de pH bajo las cuales se llevan a cabo las reacciones de fenol y formaldehído tienen un profundo efecto en las características de los productos resultantes. Esta secuencia de reacciones deben ser consideradas: Adición de formaldehído al fenol, crecimiento de la cadena o formación del prepolímero y finalmente el entrecruzamiento o reacción de curado (*Poljanšek, 2005*).

La relación molar entre el fenol y el formaldehído es usualmente de 1/1 a 1/3, pero preferiblemente de 1/1.5 a 1/2. Los catalizadores básicos a ser usados pueden ser hidróxidos de bario, potasio, sodio y amonio, carbonatos de sodio y potasio, alquilaminas, etc. La cantidad de estos catalizadores a ser usada es de 0.005 a 0.1 mol por cada mol de fenol. La cantidad preferente de estos catalizadores es de 0.01 a 0.05 mol. Estos reactivos reaccionan y forman una solución acuosa a temperaturas bajo los 100 °C, ellos son neutralizados con un ácido apropiado y luego deshidratados para obtener un resol tipo líquido. Las condiciones de manufactura y las propiedades del resol son los factores más importantes para controlar las propiedades finales de las espumas fenólicas (*Iwasaki, 1990*). Un proceso típico de preparación de resoles es mostrado en la Figura 1.2.

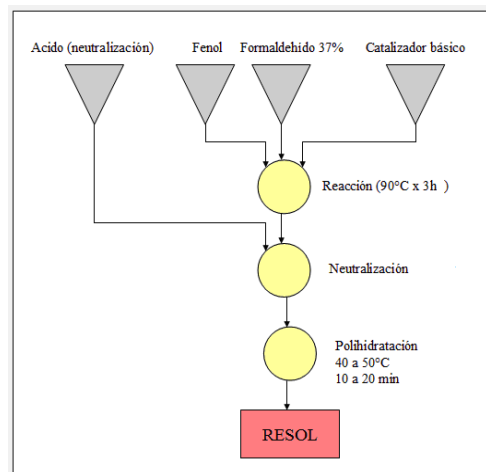


Figura 1.2 Proceso típico de preparación de resoles (*Iwasaki, 1990*).

Las condiciones de preparación adecuadas de los componentes y las propiedades del resol obtenido son mostradas en el Cuadro 1.1.

Cuadro 1.1 Condiciones de preparación y propiedades del resol (*Iwasaki, 1990*).

Ítems		Valor
<u>Condiciones</u>		
Componentes	Fenol	1
(moles)	Formaldehído 37%	1 a 3 (Preferentemente 1.5 a 2)
	Catalizador alcalino	0.005 a 0.1 (Preferentemente 0.01 a 0.05)
Temperatura		Menor a 100°C.
Tiempo		Aproximadamente 3 horas.
<u>Propiedades</u>		
	Contenido no volátil	70 a 90
	Viscosidad (Cp/25°C)	3000 a 10000
	pH	6.8 a 7.2
	Fenol libre (%)	Menor a 5
	Formaldehído libre (%)	Menor a 5

Composición de las resinas fenólicas

a) Fenoles

Los materiales a ser usados para elaborar espumas fenólicas incluyen fenoles, cresoles y xileno. Productos crudos de estos materiales pueden también ser usados. Las posiciones donde los fenoles pueden reaccionar con los aldehídos son 2,4 y 6 frente al grupo OH. Si grupos alquil están localizados en las posiciones mencionadas los aldehídos no pueden reaccionar, la existencia de grupos sustituidos gobierna la funcionalidad de los fenoles. Generalmente cuando se usa formaldehído como aldehído, fenoles disfuncionales

deberían ser usados para producir polímeros lineales debido a que el formaldehído es disfuncional (*Iwasaki, 1990*).

Para producir polímeros entrecruzados, fenoles trifuncionales deben ser usados. La selección de los fenoles a ser usados es muy importante. El fenol puro, m-cresol y 3,5 xileno son fenoles trifuncionales. Los fenoles trifuncionales tienen la disponibilidad de las posiciones orto, meta y para. Debido a que el grupo sustituido en fenoles trifuncionales es suficientemente grande, es inapropiado decidir la funcionalidad actual dependiendo únicamente de la fórmula (*Iwasaki, 1990*).

b) Aldehídos

El formaldehído, para-formaldehído, furfural, acroleína, alquil-aldehídos y aril-aldehídos pueden ser usados como aldehídos, pero el formaldehído es el más usado en la industria. La solución acuosa de formaldehído es llamada formalín, y en casi todos los casos el formalín es usado en la industria de elaboración de espumas fenólicas. Cuando una mol de formaldehído es disuelta en agua genera cerca de 15 Kcal de calor. Esta generación de calor resulta debido a que el metilenglicol es producido por solvación. Y el formalín (37%) cambia a trimetilenglicol (*Iwasaki, 1990*).



El formalín (37% más o menos) disponible en el mercado está ya transformado a trimetilenglicol.



La composición de formaldehído al 37% o formalín vendida en el mercado contiene metanol, el cual es usado para prevenir la formación de precipitación como resultado de la formación de polimetilenglicoles de alto peso molecular. Como el formaldehído es adicionado a la mezcla, las siguientes reacciones son posibles:

polimerización (formación de precipitado), formación de metilol, formación de ácido fórmico (vía oxidación) y otras (*Iwasaki, 1990*).

c) Catalizadores

Los catalizadores son ácidos orgánicos moderadamente fuertes (ácidos sulfónicos), estos son efectivos durante la catalización de la resina tipo resol en espuma. Ácidos sulfónicos típicos tales como p-tolueno, fenol, cumeno, xileno, y ácidos sulfónicos de metano brindan tasas óptimas de curado y espumado. Ácidos inorgánicos como H_2SO_4 y HCl deberían ser evitados debido a problemas severos de corrosión. Una excepción es el uso de pequeñas cantidades de ácido fosfórico, el cual no es corrosivo. Un nuevo sistema catalizador basado en resorcinol, dietilenglicol y una mezcla de ácido sulfónico (xileno/tolueno) fue recientemente reportada (*Gardziella et al., 2000*).

Química y Reacciones

El resol es obtenido como resultado de la reacción entre fenoles y formaldehído en presencia de un catalizador básico. Generalmente, la reacción es llevada a cabo a temperaturas bajo los $100^\circ C$, seguido por neutralización y deshidratación. El progreso de la reacción es seguido por monitoreo de cambios de viscosidad, rango de consumo de fenol (cantidad de fenol libre), cambio en el peso molecular promedio, precipitación blanquecina (solubilidad en agua), etc. (*Iwasaki, 1990*).

El mecanismo de la reacción para sintetizar resol es llamado reacción de Lederer-Manasser, como se muestra en la Figura 1.3. Como se describió anteriormente, el formaldehído existe como trimetilenglicol en solución acuosa. Los fenoles reaccionan rápidamente con el grupo álcali-hidroxil y produce un ión fenóxido de resonancia estructural, y el trimetilenglicol es adherido a las posiciones O y P en el ión fenóxido (*Iwasaki, 1990*).

Este estado de transición es estabilizado por el movimiento del protón. El derivado de mono-metileno producido de esta forma reacciona con el formaldehído y produce dos tipos de derivados dimetilos y un derivado de tipo trimetilo. Estas reacciones son expresadas como reacciones de segundo orden. El derivado metilo producido forma una estructura multinuclear por la condensación. Generalmente el número de núcleos bencénicos contenidos en el resol para elaborar espumas fenólicas son menos de 10. Las reacciones de adición y condensación usadas para la síntesis del resol y la reacción durante el espumado y curado son resumidas como sigue. Para manufacturar espumas fenólicas, un agente de soplado tal como triclorotrifluoroetano es evaporado usando una reacción exotérmica y de esta forma el agente es incluido en el polímero (*Iwasaki, 1990*).

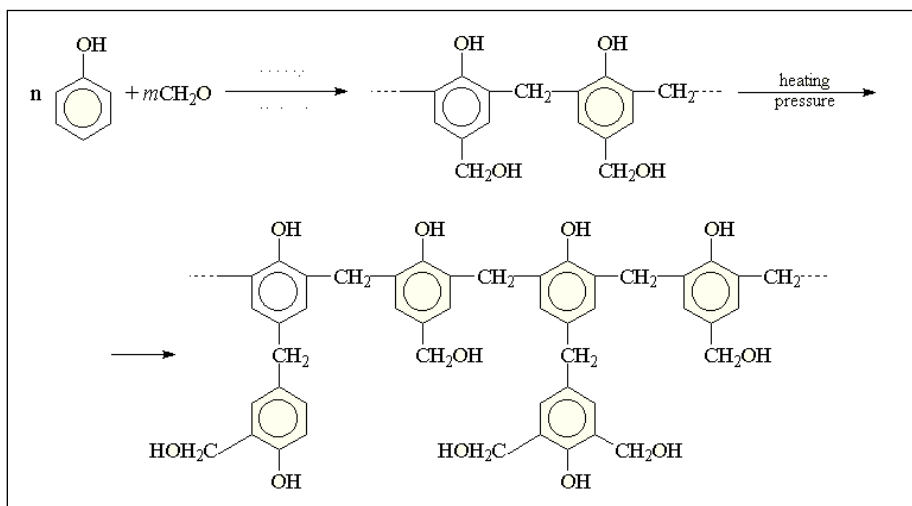


Figura 1.3 Síntesis de resinas fenol-formaldehído por policondensación de fenoles con exceso de formaldehído (*Ledderer & Manasser, 1984*).

Se producen las siguientes reacciones: Formación del anión fenolato durante la reacción entre fenol e hidróxido de sodio (catalizador básico), reacción entre anión fenolato y formaldehído (Posiciones orto y para), reacción de metilolación, polimetilolación y formación del retículo (*Ledderer & Manasser, 1984*).

Los pasos por los cuales transcurre esta reacción se muestran a continuación en las Figura 1.4, Figura 1.5, Figura 1.6 y Figura 1.7.

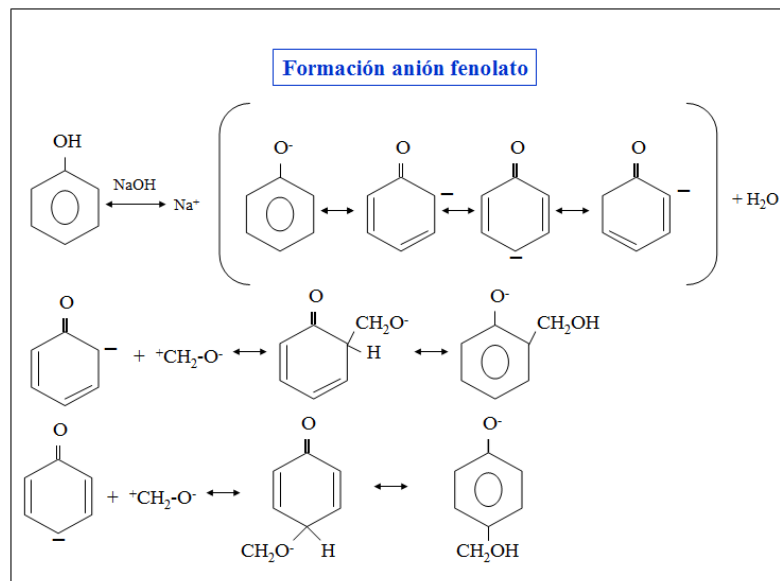


Figura 1.4 Formación del anión fenolato durante la reacción entre fenol e hidróxido de sodio (catalizador básico). Reacción entre anión fenolato y formaldehído (Posiciones orto y para) (Ledderer & Manasser, 1984).

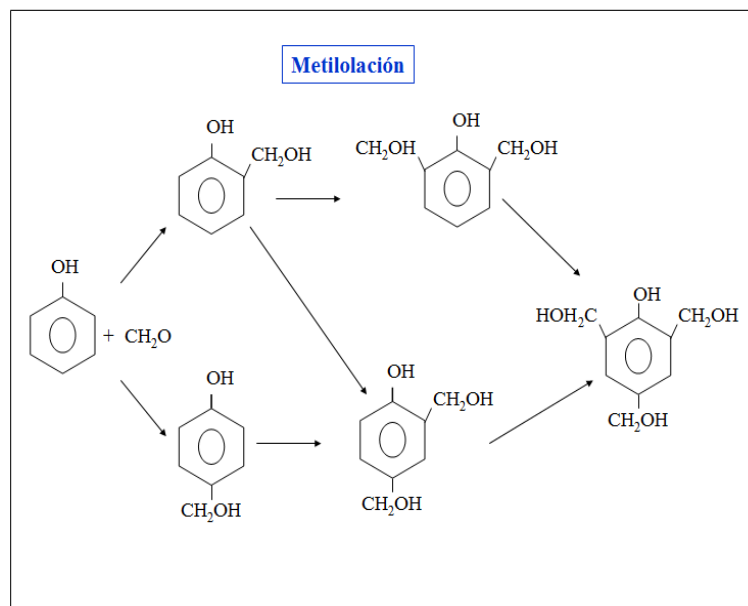


Figura 1.5 Reacción de metilolación. Reacción entre fenol y formaldehído (Posiciones orto y para) (Ledderer & Manasser, 1984).

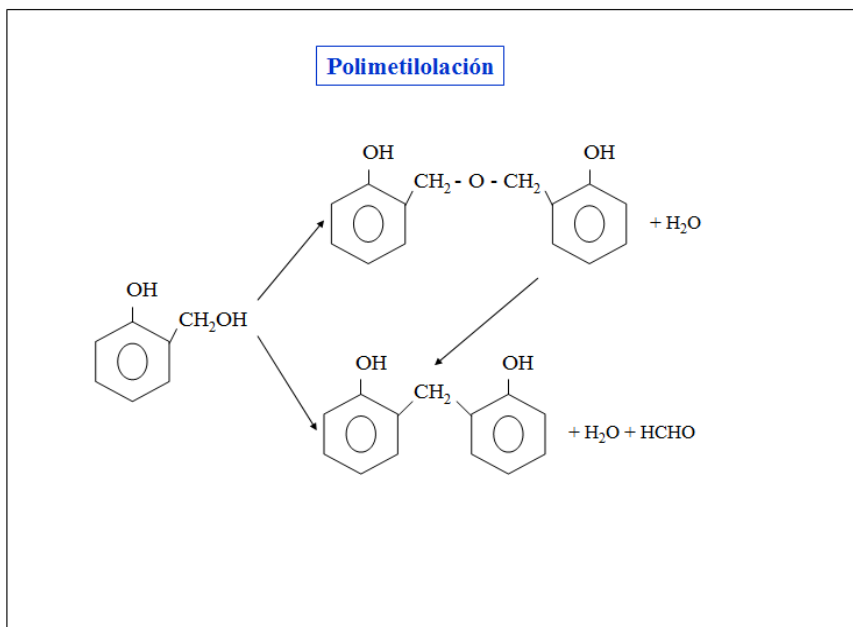


Figura 1.6 Polimetilolación de la reacción entre fenol y formaldehído con catalizador básico (*Ledderer & Manasser, 1984*).

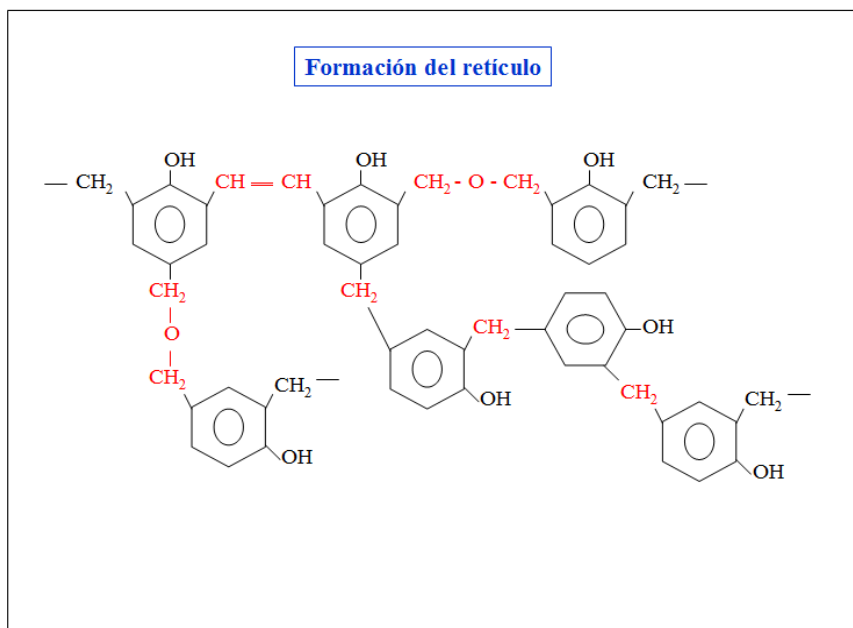


Figura 1.7 Formación del retículo. Reacción entre fenol y formaldehído con catalizador básico (*Ledderer & Manasser, 1984*).

1.4.1.2.2 Surfactantes

Surfactante como el nombre implica debe actuar como un agente activo de superficie reduciendo la tensión superficial de la formulación de la resina y proporcionando una interfase entre la resina fenólica altamente polar y el agente de soplado no polar. Debe ser miscible o dispersable en la resina, no hidrolizable y resistente al catalizador ácido. El surfactante previene el colapso o ruptura de la espuma. Una adecuada selección y/o diseño del surfactante generalmente da como resultado una espuma fenólica con una estructura celular uniforme y fina.

Surfactantes no iónicos y que contienen silicona son comúnmente usados. La cantidad que se adiciona puede variar de 1 a 5%. Dependiendo de la cantidad adicionada, muy poca cantidad de surfactante puede ocasionar un fallo en la estabilización suficiente de la espuma, resultando en el colapso de la estructura celular de la espuma. Cuando mucho surfactante es adicionado la espuma puede colapsar o hacerse muy plástica (*Gardziella et al., 2000*).

Varios tipos de surfactantes pueden ser usados para elaborar espumas fenólicas. Existen dos tipos de surfactantes, uno es del tipo de aceite de silicona y el otro del tipo de no silicona, este último es el más usado. Estos tipos de surfactantes son del tipo no iónico. Todas las series de Tween también son usadas como surfactantes no iónicos (*Iwasaki, 1990*).

1.4.1.2.3 Agentes de soplado (Blowing agent)

El rol de los agentes de soplado es reducir el calor exotérmico de la reacción que ocurre durante la catálisis ácida de la resina tipo resol. El calor de vaporización del agente volátil de soplado modera la reacción exotérmica y da como resultado una expansión uniforme del crecimiento de la red de la resina fenólica. Líquidos con un punto de ebullición bajo y que poseen un bajo calor de vaporización son agentes de soplado adecuados. Líquidos que no son solventes para la resina tipo resol son altamente deseables

o adecuados. Agentes de soplado ligeramente solubles dan como resultado una estructura celular secundaria friable.

Nuevos solventes aceptables para el medio ambiente como HCFC exhiben un pobre rendimiento en el espumado de las espumas fenólicas comparado con los CFC prohibidos. Similarmente, per-fluoroalcanos usados exhiben pobre rendimiento (*Gardziella et al., 2000*).

Una mezcla de HCFC y perfluoroalcanos puede ser adecuada. Agentes de soplado adecuados son:

Hidrocarburos

- Isopentano
- n-pentano
- Ciclopentano
- Isohexano
- n-hexano
- Éter de petróleo

Éteres

- Éter diisopropil

Fluorocarbonos

- HCFC-141b (CCl_2FCH_3)
- HCFC-22 (Cl_2FCH)
- HCFC-142b (ClF_2CCH_3)

El agente de soplado líquido debe volatilizarse tan pronto como la viscosidad o la red fenólica empiecen a incrementar. La expansión de la espuma ocurre mientras la reacción de reticulación exotérmica continúa con el entrapamiento del agente de soplado dentro de la estructura celular (células cerradas) o la célula se rompe resultando una

espuma de células parcialmente abiertas y cerradas o una espuma llena de células abiertas. Además la volatilización del agente de soplado, agua y monómeros son volatilizados durante la operación de espumado (*Gardziella et al., 2000*).

El uso de CO₂ como un agente de soplado in situ ha sido reportado. Usando pequeñas cantidades de isocianatos en una formulación ácido catalizada de espumas tipo resol, CO₂ es generado por la reacción del agua con el isocianato y forma espumas fenólicas con densidades entre 16-320 Kg/m³ (*Gardziella et al., 2000*).

Los agentes de soplado se dividen en dos tipos, el uno es volátil y el otro es descomponible. El de tipo volátil es el usado principalmente para la composición con la resina tipo resol. Este tipo se evapora por reacción exotérmica y forma burbujas de gas. Por la otra parte, tenemos al de tipo descomponible que es usado para composiciones de tipo novolaca, éste tipo es descompuesto en dióxido de carbono, gas amonio y por medio de reacción exotérmica desprende gas de soplado. Como agentes de soplado del tipo volátil encontramos al freón, hidrocarburos saturados, etc. Como ejemplos de Freón encontramos R-11 (monofluorotricloroetano) y R-113 (trifluorotricloroetano), y ejemplos de hidrocarburos saturados son n-hexano, n-heptano y pentano, etc. (*Iwasaki, 1990*).

Es posible usar combinaciones de agentes de soplado. Cuando los freones son usados como agente de soplado, la espuma exhibe propiedades de aislamiento termal excelentes. Pero estos causan destrucción de la capa de ozono por lo que no es recomendable usarlos y otros materiales son usados como sustitutos. Agentes de soplado del tipo descomponible son: carbonato de sodio, carbonato de amonio, nitrito de sodio, sulfito de sodio y bicarbonato de sodio.

El agua producida durante la reacción exotérmica de condensación del resol es usada como agente de soplado para producir compuestos espumados de alta densidad (*Iwasaki, 1990*).

1.4.1.2.4 Agentes de humectación (Wetting agent)

Los agentes humectantes son necesarios únicamente en la producción de espumas florales fenólicas. Además de los componentes usados usualmente en la formulación de la resina (resol, surfactante, agente de soplado y catalizador), el agente humectante es introducido antes de la catálisis. Los agentes humectantes adecuados están compuestos de detergentes como: sales sulfonadas de alquil éter, sales sulfonadas de alquil benceno y sales sulfonadas de alcoholes grasos (*Gardziella et al., 2000*).

1.4.1.2.5 Modificadores

Los polímeros fenólicos son conocidos por tener alta rigidez, y esta propiedad se extiende a las espumas fenólicas, las cuales son altamente friables. Para reducir friabilidad y permitir algo de flexibilidad y dureza, varios tipos de modificadores son algunas veces usados. Modificadores activos son usados durante el curso de la preparación de la resina tipo resol, y estos llegan a ser parte integral de la estructura del polímero (*Gardziella et al., 2000*).

Algunos ejemplos incluyen PVA (alcohol de polivinilo), resorcinol, o-cresol y otros tipos de polioles. Otros tipos de modificadores de resinas compatibles con resoles pueden ser usados, un ejemplo es UF (producto de condensación urea-aldehído) y epóxido. Pero resorcinol, o-cresol y furfural son los más efectivos (*Gardziella et al., 2000*).

1.4.1.2.6 Agentes de neutralización para ácidos

Este agente es usado para neutralizar cualquier residuo ácido y para reducir la posibilidad de que el ácido pueda corroer cualquier metal en contacto con la espuma. Estos reactivos también son usados como aditivos (*Iwasaki, 1990*).

El ácido usado como agente de curado para las resinas de tipo resol permanece en la espuma, ejemplos de agentes de neutralización son polvos de metal (zinc y aluminio) y óxidos de metales (carbonato de calcio y carbonato de magnesio) (*Iwasaki, 1990*).

A continuación se muestra en el cuadro 1.2 la composición típica de una espuma fenólica según *Iwasaki, 1990*.

Cuadro 1.2 Composición típica de una espuma fenólica (*Iwasaki, 1990*).

Componentes	Ingredientes	Partes por peso
A	Resol ^(a)	100
	Surfactante	2
	Agente neutralizador ácido ^(b)	2
	Retardante de llama ^(c)	3
B	R-113	11
	R-11	3
C	Catalizador ácido ^(d)	15

Notas:

(a) No volátil 80%, viscosidad: 5000 Cp a 25°C.

(b) Polvo de zinc / taflato dioetil: 50/50

(c) Fosfato poliamonio

(d) Ácido fenol sulfónico al 65%

1.4.1.3 Elaboración

1.4.1.3.1 Procesos de espumado

El proceso para producir espumas fenólicas del tipo resol es similar al de espumas de poliuretano. El proceso de espumado para espumas fenólicas se puede dividir en cinco pasos. Este proceso no progresa paso a paso, pero varios fenómenos progresan espontáneamente (*Iwasaki, 1990*).

1. Compatibilidad de reactivos
2. Formación de burbujas
3. Crecimiento de burbujas
4. Estabilización de burbujas
5. Abertura celular

Los factores envueltos en cada paso son ampliamente divididos en dos factores, uno químico y el otro mecánico. El proceso químico envuelve al resol, surfactante y catalizador de curado y el factor mecánico envuelve el mecanismo de mezcla y espumado. Entre estos factores, la influencia del surfactante es muy importante. El surfactante tiene tres funciones. La primera es mejorar la compatibilidad de los ingredientes importantes. El surfactante tiene propiedades hidrofílicas como hidrofóbicas y además este actúa en la compatibilidad del resol y el catalizador de curado (ambos son hidrofílicos) con el agente de soplado (hidrofóbico). La segunda función del surfactante es bajar la tensión superficial del sistema, para formar burbujas más finas. La tercera función es prevenir que las paredes celulares sean débiles e inestables durante el periodo de crecimiento. Esto es el llamado efecto Marangoni (*Iwasaki, 1990*).

En la parte inicial del proceso de formación de burbujas, principalmente en los pasos 4 y 5, la influencia del surfactante es pequeña, y es necesario considerar los materiales del sistema en general. Las funciones del resol (peso molecular, densidad de entrecruzamiento, contenido no volátil, contenido de agua, etc.) y el agente de curado son

muy importantes. El factor primario que controla la abertura celular en las espumas fenólicas es la formación de formaldehído libre y la evaporación de agua en el estado inicial del proceso de curado. El efecto de la cabeza o rodete de la máquina de mezclado es considerable cuando se mezclan los ingredientes no misibles que poseen diferentes viscosidades (*Iwasaki, 1990*).

El rodete o cabeza de la máquina de mezclado debe ser diseñado para mantener una alta potencia o fuerza y prevenir la generación de calor Joule. En general, se dice que en la etapa inicial del proceso de espumado, la función del surfactante y la función del mezclado de la máquina de espumado son considerables, pero en el periodo o etapa final, el comportamiento del resol en la reacción y del agente de curado son importantes (*Iwasaki, 1990*).

a) Tipos de procesos de espumado

Proceso de espumado de la espuma tipo resol. Los procesos de espumado para espumas fenólicas del tipo resol son los mismos que para las espumas de poliuretano. El proceso de espumado en bloques, proceso de vertido, proceso de laminado continuo y proceso en spray son usados. En cualquier proceso de espumado, se lleva a cabo la medida de los componentes, el mezclado y el descargado de la composición espumosa, estos procesos son comunes para todo tipo de espumas. En el laboratorio se realiza el proceso de mezclado a mano o “handmixing”, para entender a una escala menor como se realiza el proceso industrial de espumado (*Iwasaki, 1990*).

Proceso de mezclado a mano. En este proceso se usa un dispositivo mecánico capaz de mantener de 2500 a 3000 rpm. Se usa una formulación determinada y se ajusta todos los componentes para la elaboración de la espuma fenólica a 20 ± 2 °C. Se pesa cada uno de los componentes y se los mezcla por un tiempo determinado. La mezcla se coloca en un recipiente. El espumado se completa en un horno o estufa a aproximadamente 70°C por un tiempo determinado. Este método es llamado “handmixing”, es usado a nivel de laboratorio para investigación y desarrollo de formulaciones de resinas (*Iwasaki, 1990*).

Proceso de espumado en bloques. Por medio de este proceso se manufactura un bloque de espuma de gran tamaño. Procesos en Batch o continuo son usados para manufacturar espumas de gran tamaño. Con una máquina de espumado de gran capacidad es posible hacer bloques de espuma de gran tamaño usando una formulación indicada. El proceso de cortado permite utilizar los bloques de espumas para distintas aplicaciones (Iwasaki, 1990).

Proceso de vertido. Este proceso es empleado para hacer paneles con una prensa caliente. El proceso de espumado para espumas fenólicas por el método de molde cerrado es complicado de usar por lo cual en la mayoría de casos se lo realiza por el método del molde abierto. Aquí el material colocado en la prensa caliente es removido de acuerdo al avance del espumado después del vertido del material. Sin embargo si se ha logrado obtener espumas fenólicas por el método de molde cerrado (Iwasaki, 1990).

Proceso de laminado continuo. Este proceso es para realizar el espumado continuamente entre dos hojas de material, empleando un laminador de doble cinturón. La productividad de este proceso es la más alta, la terminación del producto es muy buena y un producto de alta calidad puede ser producido. La selección del material, la máquina de espumado y el diseño del laminador son factores importantes (Iwasaki, 1990).

Proceso en spray. Este proceso ha sido posible teóricamente, pero la aplicación práctica no ha sido realizada. Por medio de este método los componentes de la composición de tipo resol pueden ser espumados a temperaturas de 10 °C y más altas (preferiblemente a 20 °C) con una pistola en spray. Información técnica no se encuentra disponible pero se cree que tanto el proceso como la pistola de spray deberían haber sido mejorados (Iwasaki, 1990).

1.4.1.3.2 Instalaciones de manufactura

Máquina de espumado. El diseño de las máquinas para producir espumas fenólicas del tipo resol es muy importante. Los responsables de elaborar máquinas de

espumado diseñan y construyen instalaciones de manufactura para satisfacer los requerimientos del cliente tanto como sea posible. Importantes puntos para considerar en el diseño son como planear la bomba de medición y el cabezal de mezcla. Bombas de medición para tres componentes (3 corrientes) son usadas industrialmente (*Iwasaki, 1990*).

A nivel de laboratorio se usa bombas de medición para cuatro componentes (4 corrientes). El mayor problema en la producción de máquinas para espumas fenólicas es como proteger las partes de metal de la corrosión causada por catalizadores ácidos. El costo es muy elevado (*Iwasaki, 1990*).

Laminador continuo. Un laminador continuo para espuma de poliuretano puede ser usado como laminador de espumas fenólicas. Es importante especificar un laminador el cual brinde el espesor requerido del producto, tipo de material obtenido y velocidad de producción (*Iwasaki, 1990*). El efecto de los factores químicos y mecánicos en el proceso de espumado son mostrados en el Cuadro 1.3.

Cuadro 1.3 Efecto de los factores químicos y mecánicos en el proceso de espumado (*Iwasaki, 1990*).

	Factores Químicos			Factores Mecánicos
	Surfactante	Resol	Catalizador	Cabezal
Compatibilidad de los ingredientes	X	X	X	X
Formación de burbujas	X	X		X
Crecimiento de burbujas	X			
Estabilización de las burbujas	X			
Estabilización de las células abiertas		X	X	

c) Características del espumado

Cuando se produce espumas del tipo resol, se toma en cuenta los tiempos de espumado:

- *CT Tiempo de Crema.* Es el tiempo requerido para que la mezcla llegue a tener una consistencia cremosa después que la reacción haya empezado.
- *GT Tiempo de gel.* Tiempo requerido para que el interior de la mezcla llegue a endurecerse durante el espumado.
- *RT Tiempo de crecimiento.* Tiempo requerido para que el crecimiento este completo.
- *TF Tack-Free.* Tiempo requerido para que la mezcla llegue a ser pegajosa mientras esta crece o ha terminado de crecer. Estas designaciones de tiempo no expresan los rangos de reacción química directamente. Pero estos son los factores para comparar reactividad (*Iwasaki, 1990*).

Los factores que influyen los tiempos de espumado son:

- (1) Tipo de resina
- (2) Tipo y cantidad de catalizador
- (3) Tipo y cantidad de agente de espumado
- (4) Temperatura (Temperatura líquida, temperatura del molde y temperatura del ambiente)
- (5) Condiciones de mezcla

1.4.1.3.3 Procesos de curado

En este proceso el catalizador de curado es adicionado en cantidades suficientes para iniciar la reacción de curado la cual es altamente exotérmica (*Carlson et al., 1985*).

La exoterma de la reacción de curado vaporiza y expande el agente de soplado espumando la composición. El proceso de espumado es preferiblemente llevado a cabo en un molde abierto. La composición de la espuma fenólica tipo resol es preparada por medio

de una alimentación continua a un dispositivo mecánico de mezcla, con el resol fenol-formaldehído acuoso, agente de soplado, surfactante y aditivos opcionales y un catalizador ácido para el curado. El radio de estos ingredientes varía dependiendo de la densidad, espesor, etc. o propiedades deseadas de la espuma fenólica. El dispositivo de mezcla combina estos ingredientes hasta obtener una mezcla substancialmente uniforme que pasa por un proceso de curado para obtener la espuma fenólica (*Carlson et al., 1985*).

Uno de los principales problemas en la elaboración de espumas fenólicas es la ruptura de las células, la ruptura causa una inmediata pérdida de agente de soplado debido a que este se pierde antes de que las células estén lo suficientemente formadas como para entrarlo. La ruptura de las paredes celulares también afecta la fuerza, la textura, la capacidad de absorción de agua y otras propiedades de la espumas fenólicas. Las células de la espuma fenólica poseen pequeñas perforaciones en las paredes celulares, estas pequeñas perforaciones permiten al agente de soplado salir y reemplazarlo con aire una vez que este curado. Las pequeñas perforaciones también permiten a la espuma fenólica absorber agua. Se cree que estas perforaciones son causadas por agua que está presente en la composición de la espuma fenólica, particularmente el catalizador. Otro problema es la ruptura de las paredes celulares debido a que son muy delgadas. (*Carlson et al., 1985*).

Un método se refiere a un proceso de dos pasos, un espumado inicial y un curado a altas temperaturas y bajas presiones. Este método produce una espuma que tiene un número sustancial de paredes celulares sin rupturas. Sin embargo sigue habiendo presencia de paredes celulares rotas o las cuales son delgadas. Y las cuales se rompen inmediatamente cuando son sometidas a estrés térmico (*Carlson et al., 1985*).

Otro método se refiere al proceso de espumado y curado de espumas fenólicas tipo resol a bajas temperaturas (menos de 65.55°C), este método también reduce el número de paredes celulares que se rompen pero la espuma fenólica resultante sigue teniendo paredes celulares delgadas. Otros métodos se refieren a mejorar la calidad de los componentes como surfactantes, modificar los resoles o al uso de ciertos aditivos, pero ninguno de estos ha sido comercialmente exitoso. El método preferente para preparar

resoles fenólicos acuosos implica hacer reaccionar fenol acuoso altamente concentrado (> 88% en peso) con formaldehído altamente concentrado (>85% en peso) en presencia de un catalizador básico. El formaldehído es adicionado continuamente durante el primera parte de la reacción de condensación a la mezcla del fenol con el catalizador básico (*Carlson et al., 1985*).

1.4.2 Espumas florales

1.4.2.1 Concepto

La espuma floral es una espuma fenólica tipo resol, la cual posee una estructura de células abiertas y con paredes celulares que permiten absorción de agua y aireación. Es un soporte compuesto principalmente de resina fenólica y otros aditivos específicos que le otorgan las características deseadas para ser usadas en la industria de las flores como soportes florales y de plantas (*Pilato, 1979*).

1.4.2.2 Características

Espumando un resol en un material completamente conformado de células abiertas con características friables y capacidad de alta absorción de agua se obtiene un producto de espuma floral que funciona como soporte vegetal (*Gardziella et al., 2000*).

Las propiedades o características que determinan una espuma floral son: rápida absorción de agua, buena retención de agua, color apropiado, textura arenosa y facilidad de penetración floral, con buen soporte y retención de los tallos en la espuma. La práctica usual es adicionar preservantes florales al agua que se va a usar para que la espuma la embeba (*Pilato, 1979*). El producto debe saturarse de agua dentro de 1 a 2 minutos. La espuma fenólica debe tener una densidad adecuada y absorber varias veces su peso en agua, entre 20 a 50 veces (*Gardziella et al., 2000*). El balance adecuado de los componentes, tales como resol, surfactante, agente de humectación, agente de soplado y catalizador llevan a la obtención de una buen espuma floral.

La friabilidad de la espuma permite fácil penetración de las raíces o tallos. Modificando la composición de la espuma, la espuma floral puede ser usada como medio de crecimiento o propagación de especies vegetales (*Gardziella et al., 2000*). Las propiedades de la resina usada para la elaboración de la espuma fenólica están listadas en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Propiedades físicas de la resina fenólica tipo resol usada en espumas florales (*Gardziella et al., 2000*).

<u>Propiedades</u>	<u>Valores</u>	<u>Magnitudes</u>
Sólidos secos	77.5 – 79.0	%
Viscosidad, 20°C	2300 – 3000	MPa.s
Densidad específica 20°C	1.28 – 1.32	g/cm ³
Reactividad, T_{máx.}	104 – 107	°C
Contenido de fenol libre	5.4 – 6.0	%
Contenido de formaldehído libre	0.5 – 1	%

1.4.2.3 Composición

La espuma floral fenólica se compone de una mezcla de las siguientes sustancias: resina fenólica, surfactante, agente humedecedor, agente espumante y ácido catalizador, color, etc. Se los debe mezclar a una temperatura específica. (*Pilato, 1979*). Los productos de espuma fenol-formaldehído para usarlos como espuma floral requieren elaborarse bajo fuertes condiciones catalizadas por bases o ácidos para transformar la resina (con un surfactante, agente humedecedor, agente espumante, y color) en una espuma, la cual puede variar de densidad de 0.016 g/cm³ a 0.032 g/cm³. Una espuma de baja densidad es usada para flores frágiles mientras que una espuma de más alta densidad es usada para flores con tallos fuertes o flores secas (*Pilato, 1979*).

La composición y descripción de cada reactivo componente de la espuma floral se describe en la sección 1.4.1.2, donde se detalla las características de cada uno de ellos.

1.4.2.4 Elaboración

Las espumas florales se elaboran en base a distintos procesos, a nivel de laboratorio se usa la técnica de hand-mixing descrita por *Iwasaki, 1990*. A nivel industrial se usa otros tipos de técnicas y maquinaria, esta se describe en la sección, donde se detalla la elaboración de espumas fenólicas a escala industrial.

En la figura se esquematiza una máquina para espumas fenólicas flujo tipo standard (*Iwasaki, 1990*), usada para la producción de espumas florales.

En el Cuadro 1.4 se muestra una formulación típica de espuma floral con sus componentes y partes por peso de cada uno de ellos usados para la elaboración.

Cuadro 1.4 Formulación típica de espuma floral (*Iwasaki, 1990*).

Componentes	Ingredientes	Partes por peso
A	Resol ^(a)	100
	Surfactante ^(b)	1
	Agente células abiertas ^(c)	5
	Colorante	2
B	R-113	10
C	Catalizador ácido ^(d)	13

Notas:

(a) No volátil 80%, viscosidad: 4000 Cp (25°C)

(b) Surfactante de silicona

(c) Surfactante aniónico

(d) Ácido fenol sulfónico al 65%

En la Tabla 1.2 se detalla la composición aproximada para la elaboración de espuma floral según *Pilato, 1979*.

Tabla 1.2 Composición para la elaboración de espuma floral (*Pilato, 1979*).

<u>Componentes</u>	<u>Composición</u>
Resina Fenol – Formaldehído	76 – 83
Surfactante	3 – 4
Agente de Humectación	3 – 4
Agente de soplado	4 – 5
Urea	1
Catalizador acido fenol – sulfónico	4 – 5
Color	0.5

Para producir espumas fenólicas florales el diseño de los equipos es muy importante (*Iwasaki, 1990*). En la Figura 1.8 se muestra un ejemplo de máquina diseñada para la elaboración de espumas fenólicas según *Iwasaki, 1990*. Donde los componentes A, B y C son los especificados en el Cuadro 1.4.

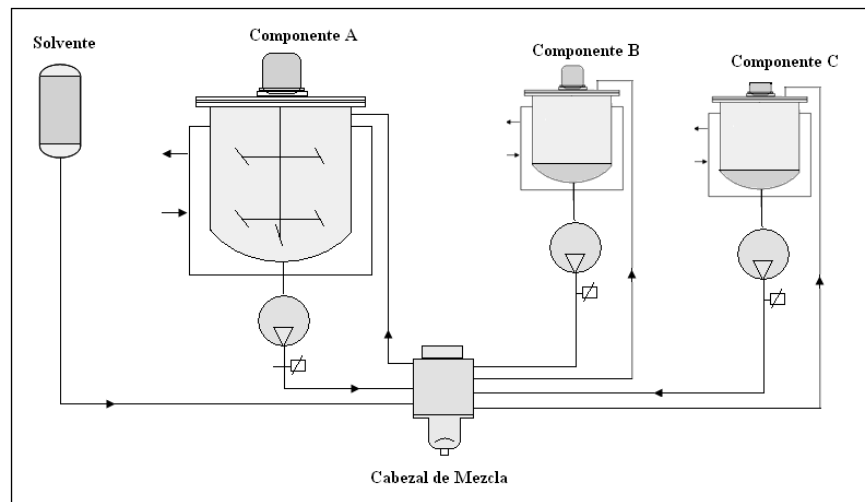


Figura 1.8. Máquina para Espumas Fenólicas Flujo tipo Standard (*Iwasaki, 1990*).

1.4.3 Fisiología vegetal

La Fisiología Vegetal estudia los procesos biológicos que tienen lugar en las plantas, su funcionamiento y los fundamentos físicos de dicho funcionamiento sobre bases estructurales a diferentes niveles: molecular, celular, de tejidos, de órganos y de la planta entera. Explica los mecanismos de crecimiento y desarrollo de las plantas y sus respuestas a los agentes externos (*Mayr, 1998*). Es necesario conocer el comportamiento vegetal y algunos factores precisos como senescencia, abscisión y longevidad tanto floral como vegetal.

1.4.3.1 Factores fisiológicos

Senescencia floral

La senescencia es un proceso normal de desarrollo, dependiente de energía, que está controlado por el propio programa genético de la planta. Las hojas están genéticamente programadas para morir, y su senescencia se puede iniciar por factores ambientales. Como las hojas nuevas se inician desde el extremo apical del brote, las hojas más viejas están sombreadas y pierden la capacidad para funcionar eficientemente en la fotosíntesis. La senescencia recupera una parte de las fuentes valiosas que la planta ha invertido en la formación de la hoja. Durante la senescencia, las enzimas hidrolíticas degradan muchas proteínas celulares, carbohidratos y ácidos nucleicos. Sus componentes: azúcares, nucleótidos y aminoácidos, son entonces recuperados por la planta a través del floema donde serán reutilizados en procesos sintéticos. Muchos minerales son también transportados desde los órganos senescentes de vuelta al cuerpo principal de la planta (*Taíz & Zeiger, 2006*).

La senescencia de órganos vegetales está asociada frecuentemente a la abscisión, un proceso por el cual, células específicas del pecíolo se diferencian para formar una capa de abscisión, que permite al órgano senescente separarse de la planta. Las citoquininas y el

etileno pueden actuar como agentes de señalización que regulan la senescencia vegetal (Taíz & Zeiger, 2006).

Se ha comprobado que la deficiencia de calcio propicia la senescencia, lo cual se expresa como pérdida de clorofila y proteínas, incrementando así la degradación de las membranas y la disolución de la lámina media (Starkey y Pedersen, 1997).

De otra parte, Marschner (2002) reporta que aplicaciones de calcio dirigidas a los tejidos afectados pueden estabilizar las paredes celulares y regular la permeabilidad de la membrana. La senescencia de la flor cortada está enfocada sobre tres parámetros: balance hídrico, suministro de carbohidratos y susceptibilidad al etileno. Del conocimiento de la relación entre estos factores depende el desarrollo de técnicas eficientes de preservación (Paulin, 1992).

Abscisión vegetal y floral

La caída de las hojas, flores y frutos de las plantas vivas se conoce con el nombre de abscisión. La abscisión se produce en una región llamada zona de abscisión, que está localizada cerca de la base del pecíolo de las hojas. En la mayoría de las plantas, la abscisión de las hojas viene precedida por la diferenciación de una capa articular de células, la capa de abscisión, en la zona de abscisión. Durante la senescencia de las hojas, las paredes de las células en la capa de abscisión son digeridas, lo que hace que se vuelvan frágiles y débiles. La hoja al final se parte en la capa de abscisión debido a la tensión sobre las paredes celulares debilitadas (Taíz & Zeiger, 2006).

Van Doorn y Stead (1997) informan que las auxinas sintéticas se han utilizado para prevenir la abscisión floral. También, el ácido naftalénacético ha mostrado aumentar la longevidad, pero, solamente, cuando fue aplicado en precosecha en combinación con calcio (Bolívar et al., 1999).

Longevidad vegetal

La longevidad vegetal es el tiempo que tiene de vida una flor o planta, desde el momento en que es cortada o transplantada hasta el momento que se muere por completo (Taíz & Zeiger, 2006).

Van Doorn; Groenewegen y Van de Pol (1991) mencionan que el desarrollo de la planta es controlada por procesos hormonales. De manera análoga, los factores que ocasionan la degradación de las paredes celulares afectan el desarrollo. Se ha encontrado que el 1-Metilciclopropano (1-MCP) es un producto novedoso que aumenta la longevidad de flores y plantas, a través de la prevención de la acción del etileno en la célula (Han, 2000).

1.4.3.2 Hormonas Vegetales

Las hormonas vegetales regulan de manera predominante los fenómenos fisiológicos de las plantas. Se producen en pequeñas cantidades en tejidos vegetales, a diferencia de las hormonas animales, sintetizadas en glándulas. Actúan en el propio tejido donde se generan o bien a largas distancias, mediante transporte a través de los vasos xilemáticos y floemáticos. Controlan un gran número de sucesos, entre ellos el crecimiento de las plantas, la caída de las hojas, la floración, la formación del fruto y la germinación (Srivastava, 2002).

Una fitohormona interviene en varios procesos, y del mismo modo todo proceso está regulado por la acción de varias fitohormonas. Se establecen fenómenos de antagonismo y balance hormonal que conducen a una regulación precisa de las funciones vegetales, lo que permite solucionar el problema de la ausencia de sistema nervioso. Ejercen sus efectos mediante complejos mecanismos moleculares, que desembocan en cambios de la expresión génica, citoesqueleto, vías metabólicas y flujos iónicos (Srivastava, 2002).

Auxinas

El nombre auxina significa en griego "crecer" y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. El ácido indolacético (AIA) es la forma predominante, sin embargo, evidencia reciente sugiere que existen otras auxinas indólicas naturales en plantas. La auxina es miembro de un grupo de hormonas vegetales; son sustancias naturales que se producen en las partes de las plantas en fase de crecimiento activo y regulan muchos aspectos del desarrollo vegetal. Afectan al crecimiento del tallo, las hojas y las raíces y al desarrollo de ramas laterales y frutos. Las auxinas influyen en el crecimiento de estos órganos vegetales estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células e inhibiendo el crecimiento de otras, en función de la cantidad de auxina en el tejido vegetal y su distribución (*Salisbury & Ross, 1994*).

Los niveles de auxinas son altos en las hojas jóvenes, disminuyen progresivamente en las hojas maduras y son relativamente bajos en las hojas senescentes. El papel de la auxina en la abscisión puede demostrarse fácilmente si se elimina el limbo de una hoja madura y se deja el pecíolo intacto en el tallo. Mientras que la eliminación del limbo de la hoja acelera la formación de la capa de abscisión en el pecíolo, la aplicación de la auxina embebida en pasta de lanolina sobre la superficie del pecíolo evita la formación de dicha capa de abscisión. La auxina transportada desde el limbo evita la abscisión. La abscisión se inicia durante la senescencia de la hoja cuando la auxina no se está produciendo (*Taíz & Zeiger, 2006*).

Auxinas sintéticas

Tras el descubrimiento del AIA, se pensó que, si una estructura tan simple era capaz de producir respuestas tan notables sobre el crecimiento, tendría que haber más compuestos con propiedades análogas; muchos investigadores comenzaron a ensayar diferentes moléculas para ver si tenían las propiedades descritas para el AIA, y así, pronto se descubrió que también era capaz de favorecer el crecimiento de las células el ácido

indenoacético, el ácido 2-benzofuranacético, el ácido 3-benzofuranacético, el ácido naftalenacético (ANA) y una serie de compuestos (*Salisbury & Ross, 1994*).

Posteriormente, se vio que otros compuestos que poseían anillo indólico también resultaban activos, como el ácido 3-indolpirúvico, y el ácido indolbutírico derivados del naftaleno como el ácido naftil-1-acético y el ácido naftoxi-2-acético. Por último, el hecho de que algunos ácidos fenoxiacéticos tenían actividad auxínica llevó al descubrimiento del 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) con una gran actividad. A partir de aquí se desarrolló una amplia gama de moléculas con actividad auxínica, como el ácido 2-metil, 4-cloro fenoxiacético (MCPA) y el ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), ambos con propiedades herbicidas cuando se emplean a concentraciones elevadas (*Salisbury & Ross, 1994*).

Citoquininas

Son un grupo de hormonas que regulan la división celular. Derivan de la adenina o de aminopurinas. Las diferentes cadenas laterales se unen al nitrógeno del carbono 6. Pueden presentarse como: bases libres (que constituyen las formas activas de las citoquininas), o bien ribonucleósidos, ribonucleótidos y glicósidos (que se activan por conversión a la forma de base libre); también pueden hallarse como bases modificadas formando parte de los RNAt (aunque la cantidad de citoquininas derivadas de esta fuente carece de gran relevancia) La primera citoquinina natural aislada fue la zeatina [N-(4-hidroxi-3-metil-2-butenil)aminopurina] obtenida de granos de maíz (*Zea mays*). Una buena fuente de citoquininas la constituyen los frutos y semillas inmaduras y los hidrolizados de tRNA de plantas, animales y microorganismos (*Soberón, et al., 2005*).

Biosíntesis de las citoquininas

Tiene lugar principalmente en el citosol de las células de meristemas apicales de raíz, y también en embriones jóvenes de maíz y hojas jóvenes en desarrollo. La cadena lateral deriva de la vía del acetato-mevalonato. El isopentenil pirofosfato se transfiere al

AMP (derivado de la síntesis de purinas) por acción de la citoquinina sintasa (una prenil transferasa similar a las de la síntesis de los terpenos). El isopentenil adenina ribonucleótido generado se transforma en las diferentes citoquininas, sin embargo muchas de las enzimas involucradas todavía no se han identificado (*Soberón, et al., 2005*).

Efectos fisiológicos de las citoquininas

Retrasan la senescencia de las hojas. La senescencia es un proceso genéticamente programado que afecta todos los tejidos vegetales. La senescencia foliar está regulada por un balance hormonal dado por los niveles de citoquininas y de etileno. En la Figura 1.9 se muestra el balance hormonal entre citoquininas y etileno. Es por ello que las citoquininas se usan comercialmente para mantener más tiempo el color verde de las hojas de hortalizas hasta que se consuman (*Soberón, et al., 2005*).

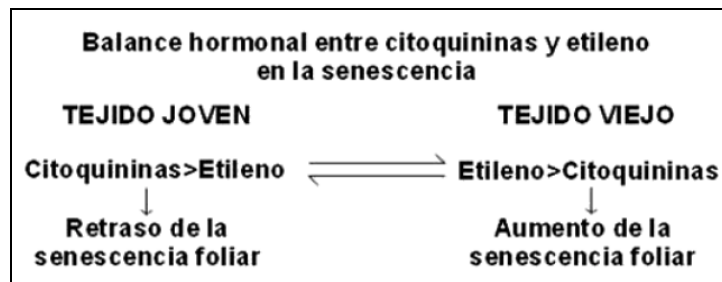


Figura 1.9 Balance hormonal entre citoquininas y etileno (*Soberón, et al., 2005*)

Etileno

Fue en el año de 1934 que Gane y otros investigadores identificaron químicamente el etileno como un producto natural del metabolismo vegetal y, debido a sus efectos sobre las plantas, se lo considero como una hormona (*Taíz, 2006*). El etileno o eteno es un compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace.

Estructura, biosíntesis y cuantificación del etileno

El etileno puede ser producido por todas las partes de las plantas superiores, aunque la tasa de producción depende del tejido y del estado de desarrollo. En general, las regiones meristemáticas y las regiones nodales son las más activas en la síntesis del etileno. Sin embargo, la producción de etileno aumenta durante la abscisión de la hoja y la senescencia floral. Cualquier tipo de herida o corte puede inducir la biosíntesis de etileno. El aminoácido metionina es el precursor del etileno y el ACC (ácido 1-aminoaciclopropano-1-carboxílico) actúa como intermediario en la conversión de metionina a etileno (*Taíz, 2006*).

Efectos del etileno sobre el desarrollo y la fisiología

El etileno regula gran cantidad de respuestas vegetales, como la germinación de semillas, la expansión celular, la diferenciación celular, la floración, la senescencia y la abscisión (*Taíz, 2006*).

Esta fitohormona causa un rápido enrollamiento de los pétalos, adormecimiento o incapacidad de apertura de los botones florales y reduce significativamente la longevidad vegetal, produciendo senescencia, marchitamiento y cambio en el color (*Reid y Hunter, 2000; Reid y Dodge, 2007*). La aplicación de etileno en plantas aumenta la velocidad de la apertura floral, pero promueve la senescencia de las flores tratadas, y la disminución del tamaño de las hojas (*Mayak y Halevy, 1972*).

Entre los efectos del etileno estaría la alteración de la integridad de las membranas celulares durante la senescencia. Al respecto, Suttle y Kende (*1980*) afirman que el aumento de la permeabilidad de las membranas celulares es producido por la pérdida masiva de fosfolípidos, evento que desequilibra la relación esterol:fosfolípidos aumentando así la microviscosidad de las membranas.

Inhibidores de etileno

Algunos productos derivados del ácido aminooxacético (AOA), como Chrysal EVB y además del 1-metil ciclopropano (1-MCP) actúan como inhibidores de etileno. El AOA es un potente inhibidor de la primera etapa específica de la síntesis del etileno, Figura 1.10. Actúa inhibiendo la enzima ACC sintasa, dependiente de fosfato de piridoxal, bloqueando la conversión de la S-adenosilmetionina (SAM) en ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC) (Yang, 1985). Sin embargo, estos compuestos mantienen una longevidad vegetal siempre menor que la de los tratados con STS (Staby *et al.*, 1993).

Esto se debe a que el AOA inhibe la síntesis del etileno, pero no impide el efecto del etileno proveniente de otras fuentes.

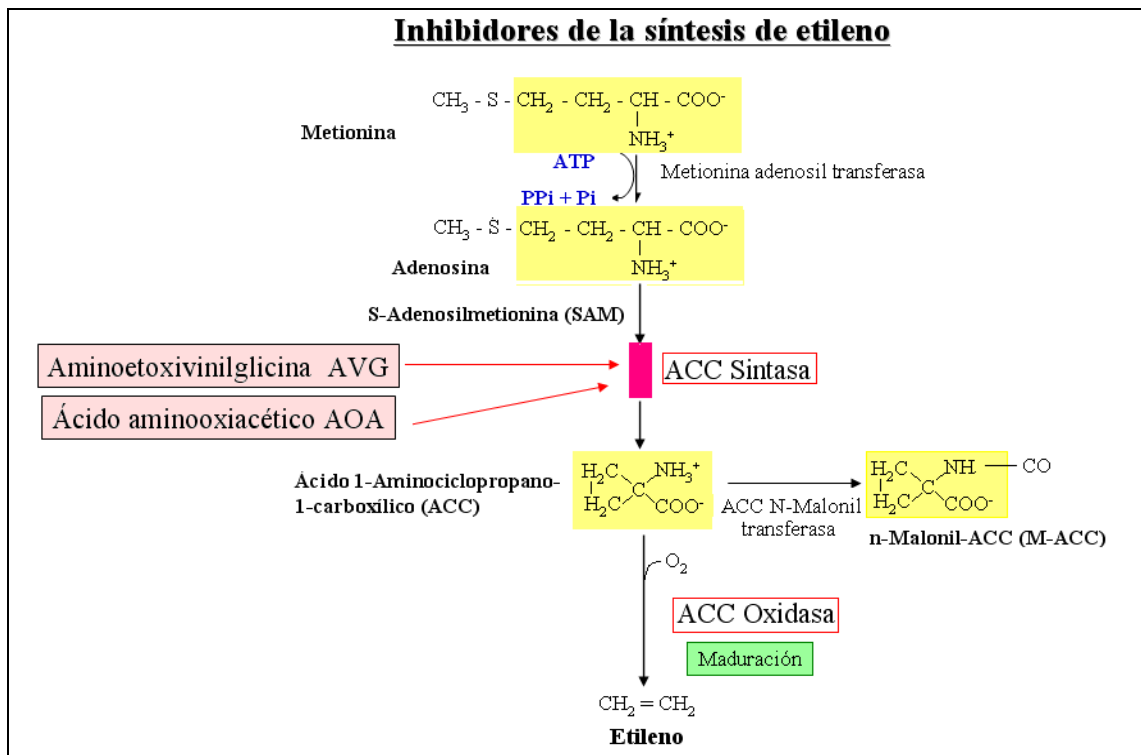


Figura 1.10 Inhibidores de la síntesis de etileno (Taíz & Zeiger, 2006).

a) Sales de plata

Un inhibidor mucho más eficaz a la acción del etileno, es el catión plata (Ag^+). Este actúa interfiriendo la unión del etileno con su receptor. Las sales de plata se que se utilizan para inhibir la acción del etileno no inhiben su síntesis, sino su acción, por lo que sería reversible (*Verdugo, et al., 2003*).

En cambio si se aplica AOA (ácido aminooxiacético) se inhibe la síntesis ya que actúan en el citosol sobre la ACC sintasa (Figura 1.10).

b) Ácido aminooxiacético (AOA)

El AOA es un potente inhibidor de la primera etapa específica de la síntesis del etileno. Actúa inhibiendo la enzima ACC sintasa, dependiente de fosfato de piridoxal, bloqueando la conversión de la S-adenosilmetionina (SAM) en ácido 1- amino- ciclopropano-1- carboxílico (ACC) (*Yang, 1985; Taíz y Zeiger, 2006*).

c) Aminoetoxivinilglicina AVG

La aminoetoxivinilglicina (AVG) es otro de los inhibidores de la biosíntesis y acción del etileno la cual compite por la posición del etileno en las plantas (*Finch et al., 2003*).

d) 1-metilciclopropano

El 1-metilciclopropeno (1-MCP) es un producto que ha sido efectivo para prolongar la vida de diversos vegetales debido a que inhibe la acción del etileno ocupando los sitios receptores de esta hormona (*Arévalo et al., 2008*).

1.4.3.3 Nutrición Vegetal

La nutrición vegetal es el conjunto de procesos que permiten a los vegetales absorber y asimilar los elementos nutritivos necesarios para sus distintas funciones fisiológicas: crecimiento, desarrollo, reproducción. El principal elemento nutritivo que interviene en la nutrición vegetal es el carbono, extraído del gas carbónico del aire por las plantas autótrofas gracias al proceso de la fotosíntesis. Las plantas no clorofílicas, llamadas heterótrofas dependen de los organismos autótrofos para su nutrición carbonosa (*Raven et al., 2007*).

La nutrición mineral de las plantas es un proceso extremadamente complejo, mediante el cual las plantas obtienen una parte de los elementos necesarios para vivir. En él, suceden una gran cantidad de interacciones de tipo físico, químico y biológico. Del suelo, la planta obtiene los elementos minerales esenciales para vivir. Los demás elementos son obtenidos por la planta directamente de la atmósfera. Son los llamados nutrientes minerales, o simplemente nutrientes, que entran a la planta en general en forma de iones inorgánicos disueltos en el agua que absorben las raíces. Algunos de ellos se acumulan en la planta en cantidades considerables; son los macronutrientes. Los restantes se encuentran en cantidades menores. Esta difundida clasificación de los nutrientes según su abundancia en la planta tiene, sin embargo, una validez relativa, ya que en no pocos casos algunos macronutrientes pueden encontrarse en menor cantidad que ciertos micronutrientes. La adquisición de los elementos minerales por las raíces a partir de la solución del suelo, constituye el primer paso en la nutrición mineral de las plantas (*Taíz & Zeiger, 2006*).

La nutrición recurre a procesos de absorción de gas y de soluciones minerales ya directamente en el agua para los vegetales inferiores y las plantas acuáticas, ya en el caso de los vegetales vasculares en la solución nutritiva del suelo por las raíces o en el aire por las hojas. Las raíces, el tronco y las hojas son los órganos de nutrición de los vegetales vascularizados: constituyen el aparato vegetativo. Por los pelos absorbentes de sus raíces (las raicillas), la planta absorbe la solución del suelo, es decir el agua y las sales minerales, que constituyen la savia bruta. Por las hojas, allí donde se efectúa la fotosíntesis, la planta

recibe aminoácidos y azúcares que constituyen la savia elaborada. Bajo las hojas, los estomas permiten la evaporación de una parte del agua absorbida y la absorción de dióxido de carbono (CO₂). Por el tallo, circulan dos tipos de savia: la savia bruta por el xilema y la elaborada por el floema (*Raven et al., 2007*).

Nutrientes

Existen elementos que se los consideran esenciales ya que están involucrados directamente en la nutrición de la planta y en el que caso de que exista deficiencia de alguno de ellos, las plantas no podrán completar su vida; por lo que esta deficiencia podrá ser corregida suministrando este elemento. Del total de elementos, el carbón y el oxígeno se obtienen del gas CO₂ y el hidrógeno se obtiene del agua. Estos tres elementos son requeridos en grandes cantidades para la producción de celulosa o almidón. El resto de elementos se los denomina nutrientes minerales (*Peralvo, D., 2008*).

Los elementos nutritivos indispensables para la vida de una planta se subdividen en dos categorías los macronutrientes y los micronutrientes.

Los macronutrientes: se caracterizan por sus concentraciones superiores al 0.1% de la materia seca. Entre ellos se encuentran los principales elementos nutritivos necesarios para la nutrición de las plantas: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Estos cuatro elementos que constituyen la materia orgánica representan más de un 90% por término medio de la materia seca del vegetal. Al cual se añaden los elementos utilizados como abono y enmiendas que son: potasio, calcio, magnesio, fósforo, así como el azufre. Los tres primeros macronutrientes se encuentran en el aire y en el agua. El nitrógeno, aunque representando un 78% del aire atmosférico, no puede ser utilizado directamente por las plantas, a excepción de algunas bacterias y algas, asimilarlo más que bajo forma mineral, principalmente bajo la forma de ión nitrato (NO₃⁻). Eso explica la importancia de la "nutrición añadida de nitrógeno" en la nutrición vegetal y su adición como abono por los productores (*Raven et al., 2007*).

Los micronutrientes: llamados también oligoelementos no sobrepasan el 0.01% de la materia seca. Son: cloro, hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, níquel, molibdeno, etc. El déficit de alguno de estos elementos puede determinar enfermedades de carencia (*Raven et al., 2007*).

Los nutrientes en el suelo

El suelo es, por lo general, la fuente que suministra los nutrientes a la planta. La cantidad total presente de cada nutriente no determinará por sí sola su disponibilidad para la planta, sobre la que influyen diversos factores. Entre otros el pH y la provisión de O₂ del suelo pueden modificar la solubilidad o la forma química en que se encuentra un elemento; la naturaleza de las partículas que constituyen el suelo influirá en la permanencia de los nutrientes en las capas exploradas por las raíces (*Salisbury & Ross, 1994*).

Un pH neutro o poco ácido, entre 5 y 7, favorecerán la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes. Los valores altos harán menos disponible a algunos nutrientes, entre ellos el P, ya que el PO₄⁻³ se absorbe con mucha más dificultad que los fosfatos ácidos (PO₄H²⁻). Un pH muy bajo puede insolubilizar algunos nutrientes y movilizar al aluminio (Al³⁺), con frecuencia tóxico (*Salisbury & Ross, 1994*).

La baja solubilidad de algunos iones metálicos puede ser contrarrestada si se forman quelatos, en los que el ión forma un complejo con moléculas orgánicas solubles. La escasez o ausencia de O₂ en el suelo determinará que predominen las formas químicas reducidas, que suelen ser menos solubles o absorbibles. En un ambiente oxigenante el N estará principalmente en forma de nitrato, que se absorbe mejor que el amonio. Las partículas del suelo (especialmente las de arcilla y humus) pueden llevar sobre su superficie una cierta cantidad de cargas fijas, generalmente negativas, capaces de adsorber cationes, como K⁺ o Ca²⁺; los cationes adsorbidos no son fácilmente arrastrados en profundidad por el agua gravitacional y pueden pasar a la solución del suelo o a la raíz mediante su intercambio por otro catión (*Salisbury & Ross, 1994*).

Absorción de nutrientes

El vástago, y sobre todo las hojas, son capaces de absorber diversas sustancias aportadas por el polvo o la lluvia, sobre todo en epifitas (plantas que viven sobre las partes aéreas de otras plantas) pero también en plantas arraigadas en el suelo. Esta capacidad permite que las plantas absorban diversas sustancias que, aplicadas sobre la parte aérea del cultivo, actuarán como fertilizantes, herbicidas, etc. Con todo, la raíz, por su estructura y por su localización en el suelo, es el órgano vegetal especializado en la absorción de nutrientes y de hecho la mayor parte de la entrada de nutrientes tiene lugar a través de ella (*Salisbury & Ross, 1994*). La absorción de nutrientes por la raíz dependerá de varios factores. Entre los cuales están:

Factores endógenos: Crecimiento de la raíz, gracias a la cual la planta puede explorar nuevos volúmenes de suelo. Además, las raíces de muchas plantas son capaces de formar micorrizas, asociaciones de tipo mutualista con diversas especies de hongos; la raíz cede las sustancias orgánicas que el hongo necesita, mientras que la presencia de éste favorece de forma notable la absorción de agua y de algunos nutrientes, especialmente P (Fósforo).

Debido a que en la absorción de nutrientes están implicados los mecanismos de transporte activo (con gasto de energía metabólica) a través de las membranas de la célula de la raíz, también influye en este proceso la provisión del sustrato respiratorio necesario que, en forma de azúcares, en general la fotosíntesis y que por lo regular llega a la raíz desde el vástago (*Salisbury & Ross, 1994*).

Factores ambientales: como son la temperatura, el pH o la aireación. Ya sea porque modulan la disponibilidad del nutriente o porque influyen en el transporte activo a través de membranas en las células de la raíz (*Salisbury & Ross, 1994*).

Hidratos de carbono

Los carbohidratos o sacáridos son moléculas orgánicas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno. Son solubles en agua y se clasifican de acuerdo a la cantidad de carbonos o por el grupo funcional que tienen adherido. Son la forma biológica primaria de almacenamiento y consumo de energía. Otras biomoléculas son las grasas y, en menor medida, las proteínas.

El término hidrato de carbono o carbohidrato es poco apropiado, ya que estas moléculas no son átomos de carbono hidratados, es decir, enlazados a moléculas de agua, sino de átomos de carbono unidos a otros grupos funcionales químicos. Estos carbohidratos pueden sufrir reacciones de esterificación, aminación, reducción, oxidación, lo cual va a dar a cada una de las estructuras una propiedad específica como puede ser de solubilidad (*Taíz, 2006*).

1.4.3.4 Bactericidas vegetales

Quitina-quitosan

La quitina-quitosan tiene acción como germicida de amplio espectro (*Benavides, 2002*) y según Shepherd et al. (*1997*), al ser un polisacárido de carga positiva, puede ser usado para precipitar moléculas de carga negativa (floculante); razón por la cual se supone su eficiencia como ingrediente en preservantes florales. Este compuesto es un polímero biodegradable que proviene del tratamiento químico de la quitina, principal componente del exoesqueleto de camarones, cangrejos y otros crustáceos (*López et al., 2008*)

Otros bactericidas

Entre otros bactericidas se encuentra el sulfato de aluminio, nitrato de plata, tiosulfato de plata y tiosulfato de sodio, que además de la función germicida contrarrestan los efectos negativos del etileno. (*Nowak y Rudnicki, 1990; Arboleda, 1993*).

1.5 Sistema de hipótesis o pregunta de investigación

El soporte floral fenólico que contiene en su composición nutrientes, preservantes, bactericidas e inhibidores de etileno específicos para la conservación prolongada de plantas obtenidas in Vitro en el laboratorio de cultivo de tejidos es un sustrato alternativo que permite una buena adaptación y aclimatación vegetal.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Participantes

Institución responsable: Escuela Politécnica del Ejército

Unidad académica responsable: Departamento de Ciencias de la Vida. Carrera de Ingeniería en Biotecnología. Laboratorio de Biotecnología Industrial-Vegetal.

Responsable del proyecto: Srta. Daniela Alejandra Espinoza Zambrano

Director del proyecto: Ing. Patricia Moreira

Codirector del proyecto: M.Sc. Mónica Jadán

2.2 Zona de Estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Escuela Politécnica del Ejército. Su ubicación geográfica está en la Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, ubicado en el Sangolquí, a una distancia de 22 kilómetros al Sur Este del Centro Colonial de Quito, capital de la República del Ecuador, a una altitud de 2.510 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Latitud $0^{\circ}18'53.50''S$. Longitud $78^{\circ}26'36.50''W$. En la dirección, Av. General Rumiñahui S/N, El Progreso.

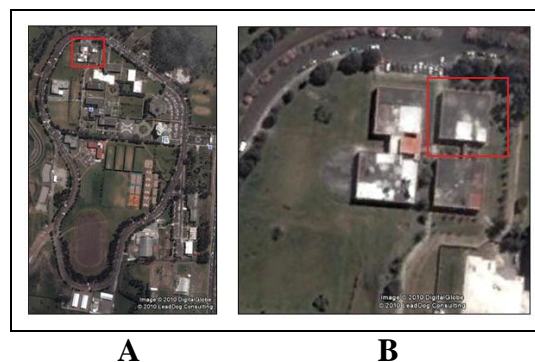


Figura 2.1 Fotografías aéreas. A. Escuela Politécnica Superior del Ejército. B. Laboratorio de Biotecnología de la ESPE. Sangolquí- Ecuador. Google Earth 2010.

2.3 Periodo de tiempo de investigación

Fecha de inicio del proyecto: 30 de marzo del 2009

Fecha de término del proyecto: 29 de Junio del 2010

2.4 Diseño

Para realizar el diseño de la presente investigación se ha dividido el estudio en tres partes, el primero comprende el diseño de la composición química de la espuma floral; el segundo, la obtención de compuestos enriquecedores o nutrientes que contendrá la espuma y por último la comparación de la espuma fenólica obtenida con la espuma floral OASIS[®].

2.4.1 Composición química de las espumas florales

Para determinar la mejor composición de la espuma floral se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones por tratamiento. Se realizó los cinco tratamientos de acuerdo a los rangos establecidos en una composición de *Pilato (1979)* para la obtención de espumas florales. Diseño cualitativo y cuantitativo. Se realizó una análisis de varianza ANOVA ($P < 0.05$).

Tabla 2.1 Factores estadísticos del diseño para la composición química de las espumas florales. Espinoza, 2010.

TRATAMIENTOS/COMPOSICIÓN						VARIABLES	UNIDAD EXPERIMENTAL
Reactivos	1	2	3	4	5	Olor	Espuma fenólica obtenida
Resina	82.91	67.48	72.1	66.45	73.26	Color	
Surfactante	3.31	4.52	4.83	6.64	7.32	Volumen	
Agente de humectac.	3.31	1.35	1.44	0.66	0.73	Textura	
Color - Tintura verde	0.58	2.7	2.88	3.32	1.46	Porosidad	
Agente de soplado	4.4	9.1	7.58	8.3	5.86	Densidad	
Ácido catalizador	4.4	13.5	9.73	13.29	9.9	pH	
Urea	1.07	1.35	1.44	1.32	1.47	Absorción	

Tratamientos **Ho:** $t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = t_5$

Ha: $t_1 \neq t_2 \neq t_3 \neq t_4 \neq t_5$

Repeticiones **Ho:** $r_1 = r_2 = r_3$

Ha: $r_1 \neq r_2 \neq r_3$

2.4.2 Determinación de los componentes nutritivos para la espuma floral

Para esta investigación se utilizó un diseño experimental con un arreglo factorial en Bloques Completamente al Azar (BCA). Se utilizó un diseño factorial 4x2, con 5 repeticiones por tratamiento. El diseño comprende cuatro tratamientos y dos sustratos diferentes, para violeta y orquídea. Los datos serán sometidos a análisis de varianza y los promedios comparados por la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Tabla 2.2 Factores estadísticos del diseño experimental para la determinación de los componentes nutritivos para la espuma floral. Espinoza, 2010.

TRAT.	DESCRIPCIÓN	VARIABLES	UNIDAD EXP./CULTIVO
T0	AGUA DESTILADA	Crecimiento (cm)	Plántulas de orquídeas (<i>Cattleya spp.</i>)
T1	MEDIO MURASHIGE & SKOOG		
T2	MEDIO KNUDSON	Calidad de las plantas	Plántulas de violetas (<i>Saintpaulia ionantha</i>)
T3	MEDIO COM. MULTIFLOR		

Tratamientos **Ho:** $t_1 = t_2 = t_3 = t_4$

Ha: $t_1 \neq t_2 \neq t_3 \neq t_4$

Orquídea

Repeticiones (Espuma Floral) **Ho:** $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5$

Ha: $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq r_4 \neq r_5$

Repeticiones (Turba) **Ho:** $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5$

Ha: $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq r_4 \neq r_5$

Violeta

Repeticiones (Espuma Floral) **Ho:** $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5$

Ha: $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq r_4 \neq r_5$

Repeticiones (Turba) **Ho:** $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5$

$$H_a: r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq r_4 \neq r_5$$

2.4.3 Pruebas de comparación de espuma floral

Para realizar estas pruebas de comparación se utilizó un Diseño Completamente al Azar DCA y la prueba de Tukey para el análisis de los tratamientos, con los valores cuantitativos. Se realizaron 10 repeticiones por tratamiento.

Tabla 2.3 Factores estadísticos del diseño experimental para pruebas de comparación de espumas florales. Espinoza, 2010.

TRAT.	DESCRIPCIÓN	VARIABLES	UNIDAD EXP./CULTIVO
T1	Espuma floral fenólica enriquecida	Supervivencia	Plántulas de orquídeas (<i>Cattleya spp.</i>)
T2	Espuma floral OASIS	Capacidad de absorción de agua Consumo y evaporación de agua Densidad Calidad de la espuma	

Unidad Experimental → Espuma floral

Tratamientos **H₀:** $t_1 = t_2$

H_a: $t_1 \neq t_2$

Orquídea

Repeticiones **(Espuma Floral 1)** **H₀:** $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5$

H_a: $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq r_4 \neq r_5$

Repeticiones **(Espuma Floral 2)** **H₀:** $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5$

H_a: $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq r_4 \neq r_5$

Violeta

Repeticiones (Espuma Floral 1) **H₀:** $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5$

H_a: $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq r_4 \neq r_5$

Repeticiones (Espuma Floral 2) **H₀:** $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5$

Ha: $r1 \neq r2 \neq r3 \neq r4 \neq r5$

2.5 Procedimientos

Los procedimientos se realizaron en base a los objetivos establecidos. Se inició con la preparación de plántulas en estado in Vitro, las cuales posteriormente serían usadas para su establecimiento en espuma floral. Estas plantas también fueron utilizadas para determinar el mejor tratamiento (nutrientes) y adaptación al sustrato (espuma floral). Posteriormente, se procedió a la elaboración de la resina fenólica. Seguido de la utilización de la misma para la elaboración de la espuma fenólica floral con los nutrientes, preservantes, inhibidor de etileno y bactericida. Y por último se realizó la comparación de características de los soportes florales obtenidos con los ya existentes en el mercado. A continuación se detallan los procedimientos realizados.

2.5.1 Preparación de plántulas de orquídea (*Cattleya spp.*) y violeta (*Saintpaulia ionantha*) en estado in Vitro para proceso de aclimatación en espuma floral

Las plántulas de orquídea (*Cattleya spp.*) y violeta (*Saintpaulia ionantha*) fueron escogidas y preparadas para proceder al proceso de aclimatación en espuma floral. Las plántulas usadas pertenecían al Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Escuela Politécnica del Ejército. Una vez escogidas las plántulas más aptas, se procedió a transplantarlas en medio de cultivo Knudson para orquídeas y Murashige & Skoog para violetas, a los medios se les adicionó una auxina promotora de enraizamiento, AIA ácido indolacético, para que las plántulas después de un tiempo determinado posean raíces más desarrolladas que permitan la adaptación de estas al nuevo sustrato (espuma floral).

2.5.1.1 Preparación de medio Murashige & Skoog

Para preparar el medio Murashige & Skoog se utilizó los reactivos mostrados en la Tabla 2.4. El medio M&S se preparó mezclando las cantidades de cada STOCK (mL/L), además se le adicionó 0.4 mg/L de

Tiamina, 2 mL/L de AIA, 0.2 mL de kinetina, 20 g. de sacarosa y 4 g/L de carbón activado. Se midió el pH de la solución y se lo ajustó a 5.7 - 5.8 con NaOH 1N y HCl 1N. Una vez ajustado el pH se colocó 8 g/L de Bacto Agar. Se procedió a agitar con la ayuda de un agitador magnético y se le sometió a calor hasta que hierva. Se dispensó 25 mL de medio en frascos y se los tapó con papel aluminio. Los frascos se autoclavaron a 120 °C y a una presión de 15 psi durante 30 minutos. Una vez que los frascos estuvieron autoclavados y con el medio apto para trasplante, se transplataron las plántulas de violeta en condiciones asépticas para evitar que el medio nutritivo se contamine con microorganismos. Las violetas permanecieron en este nuevo medio durante el periodo de un mes, donde se controló el estado de las plántulas y si estas no presentaban contaminación alguna.

Tabla 2.4 Reactivos usados para la preparación del medio nutritivo Murashige & Skoog (1962).

STOCK	Sales	[] (g/L)	(mL/L)
1	NH ₄ NO ₃	82,5	20
	KNO ₃	95	
2	SO ₄ Mg.7H ₂ O	37	10
	MnSO ₄ . 4H ₂ O	2,23	
	ZnSO ₄ . 4H ₂ O	0,86	
	CuSO ₄ . 5H ₂ O	0,0025	
3	CaCl ₂ .H ₂ O	44	10
	KI	0.083	
	CaCl ₂ .6H ₂ O	0.0025	
4	KH ₂ PO ₄	17	10
	H ₃ BO ₃	0.62	
	NaMoO ₄ .2H ₂ O	0.025	
5	FeSO ₄ .7H ₂ O	2.784	10

	Na ₂ EDTA	3.724	
--	----------------------	-------	--

Se prepararon 40 medios de cultivo, con 40 plántulas de violetas por cultivo. Las condiciones a las que se sometieron las plántulas en medio in Vitro durante un mes fueron las siguientes:

Cantidad de luz: 162.63 luxes. (Foco). 45.53 luxes (Frasco).

* LIGHT METER Control Company Range 200-1999 x 1FC.

Humedad: 42% (Ambiental). 99% (frasco).

Temperatura: 27 °C.

Fotoperíodo: 12 horas luz – 12 horas oscuridad.



Figura 2.2 Plántulas de violeta en condiciones in Vitro. Espinoza, 2010.

2.5.1.2 Preparación de medio Knudson

Las plántulas de orquídea se prepararon de la misma manera que las de violeta. El medio para un crecimiento óptimo de plántulas de orquídea es el medio Knudson (1922).

Se ajustó el medio a un pH de 5.7, a continuación se procedió a agitar con la ayuda de un agitador magnético y se le sometió a calor hasta que hierva. Se dispensó 25 mL de medio en frascos y se los tapó con papel aluminio.

Los frascos se autoclavaron a una temperatura de 120 °C y a una presión de 15 psi durante 30 minutos. Una vez que los frascos estuvieron autoclavados y con el medio apto para trasplante, se trasplantaron las plántulas de orquídea en condiciones asépticas para evitar que el medio nutritivo se contamine con microorganismos.

Las sales y complementos que posee el medio nutritivo Knudson y su concentración se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.5 Sales usadas para la preparación del medio Knudson (1922) para orquídeas.

Sal	[] g/L
Nitrato de calcio	1
Fosfato de potasio	0.25
Sulfato de hierro	0.025
Sulfato de manganeso	0.0075
Sulfato de amonio	0.5
Sacarosa	30
Carbón activado	4
Agar	7
AIA	2

Las orquídeas permanecieron en este medio durante el periodo de un mes, donde se controló el estado de las plántulas y si estas no presentaban contaminación alguna. Se prepararon en total 40 medios de cultivo, con 40 plántulas de orquídeas.

Las condiciones a las que se sometieron las plántulas en medio in Vitro fueron las siguientes:

Cantidad de luz: 132.89 luxes (Foco). 45.53 luxes (Frasco).

* LIGHT METER Control Company Range 200-1999 x 1FC.

Humedad: 42% (Ambiental). 99% (frasco).

Temperatura: 27 °C.

Fotoperíodo: 12 horas luz – 12 horas oscuridad.



Figura 2.3 Plántulas de orquídea en condiciones in Vitro. Espinoza, 2010.

2.5.1.3 Traspaso de plántulas para proceso de aclimatación

Una vez que las plántulas se encuentran aptas para la etapa de aclimatación se procedió a retirarlas de los frascos y a limpiar el medio restante que quedaba en las raíces o raicillas de las mismas.

Estas plantas fueron usadas para determinar si la espuma floral es un sustrato apto para el crecimiento de las mismas, se realizó la comparación de adaptación y aclimatación en tierra (turba) y espuma floral comercial, con distintos nutrientes aplicados como medio líquido (Agua destilada, medio M&S, medio Knudson y Medio comercial Multiflor).

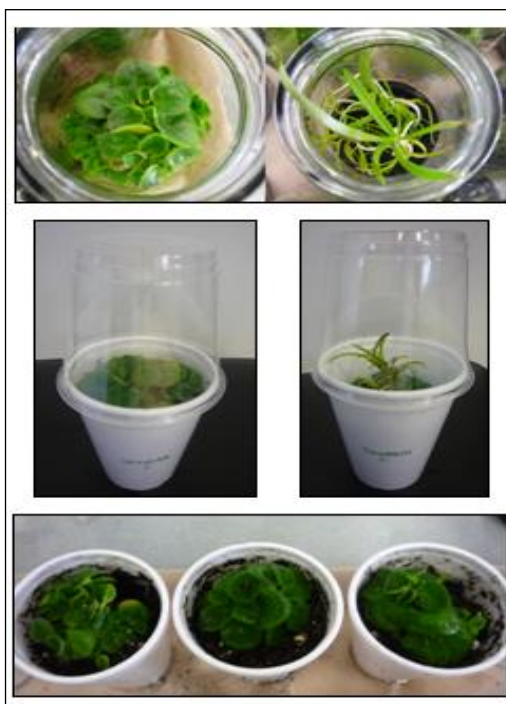


Figura 2.4 Plantas de violeta (*Saintpaulia ionantha*) y orquídea (*Cattleya spp.*) aptas para la etapa de aclimatación en turba y espuma floral.

2.5.2 Preparación de resinas fenólicas tipo resol

La elaboración de la resina fenólica tipo resol se realizó basándose en la metodología de Iwasaki, 1990. Debido a que la formulación y proceso de elaboración de este tipo de resinas es patentado no se describe con exactitud la metodología. El esquema del proceso se observa en el Anexo 1.

La elaboración de la resina se describe a continuación:

- Se preparó 100 mL de una solución acuosa de fenol 3.5 M, usando 32,86 g de fenol al 99%, los cuales se colocaron en un balón aforado, también se obtuvo una solución acuosa de formaldehído 7 M, usando 56.77 mL de formaldehído al 37% en un balón aforado de 100 mL y se pesó 1.645 g. de hidróxido de sodio puro en una balanza analítica (Mettler Toledo AB104-S).

- Se colocó 100 mL de la solución de fenol 3.5 M en un vaso de precipitación de 500 mL y 1.645 g. de hidróxido de sodio, se agitó durante 5 minutos con una varilla de agitación.
- Se midió el pH de la solución con un pHmetro (Jenway 350 pH meter), para determinar que el pH se encuentra en un rango de 9 - 10. Si el pH es menor se debe colocar una cantidad mayor de hidróxido de sodio puro hasta alcanzar el rango deseado y si el pH es mayor se debe adicionar ácido clorhídrico 1 N.
- Se colocó los 100 mL de formaldehído 7 M a la solución anterior. Agitando constantemente durante 5 minutos.
- Se procedió a colocar el vaso en una plancha de calentamiento (Thermolyne Cimarec[®] 3) a una temperatura de 90 ° C.
- Se adaptó el agitador mecánico (Heipdolph Instruments Type R2R1) al vaso de precipitación, colocando el cabezal de agitación en contacto con la solución y se tapó el vaso con papel aluminio, se ajustó el agitador a una velocidad de 1500 rpm.
- Se colocó un termómetro (Selecta 90150) de 150°C en el vaso de precipitación que contiene la solución para determinar la temperatura durante el proceso de elaboración de la resina. Se procuró que el termómetro este fijo para evitar que se mueva durante la agitación.

- Se agitó la solución con el agitador mecánico (Figura 2.5) a 1500 rpm durante 35 minutos, manteniendo una temperatura de 90 ± 2 °C.



Figura 2.5 Mecanismo para la elaboración de la resina fenólica tipo resol.

- Se reportaron datos como: volumen final, pH, cambios de estado, viscosidad, coloración, características y tiempos de la resina obtenida Figura 2.6.



Figura 2.6 Resina fenólica tipo resol.

2.5.3 Elaboración de espumas fenólicas

Para la elaboración de las espumas fenólicas se llevará a cabo el procedimiento de *Pilato, 1979* con modificaciones a la técnica (cantidad - composición).

Basándose en la composición usada por *Pilato (1979)* mostrada en el Anexo 2 se realizaron pruebas para determinar la composición más adecuada para formar una espuma floral que cumpla con algunas de las características de espuma fenólica floral comercial.

Se modificó el protocolo de *Pilato (1979)*, adicionando técnicas usadas por *Iwasaki (1990)* y recomendaciones de *Carlson et al (1985)*.

La técnica y metodología final para la elaboración de espumas fenólicas se detallan a continuación. En esta metodología solo se detalla la elaboración de la espuma fenólica, la cual aún no incluye los nutrientes, preservantes, inhibidores de etileno y bactericidas. En el Anexo 3 se muestra el esquema de procesos usado para la elaboración de espumas fenólicas florales.

Se utilizó una resina fenol formaldehído, junto con un surfactante, agente de humectación, urea (para reducir el olor del formaldehído), color o tintura verde y ácido catalizador y agente de soplado. A continuación se da una presentación de la metodología usada para elaborar la espuma fenólica y su composición.

- Se mezcló 44.95 % de resina fenólica tipo resol, 7.86 % de surfactante (Tween 80), 2.24 % de agente de humectación (Texapon 40), 4.5 % de urea (Para reducir el olor a formaldehído) y 6.75 % de tintura verde, a temperatura ambiente 22.2 - 23.8 °C, durante 15 minutos.

- Se adicionó 11.23 % agente de soplado (Éter de petróleo) después de unos minutos a la mezcla anterior y posteriormente se agregó 22.48 % de ácido catalizador (Ácido sulfónico). Se mezcló constantemente hasta que se obtuvo una mezcla totalmente homogénea.
- Se colocó la mezcla en un molde, el cual ha sido precalentado a una temperatura entre 140 °C y se dejó la mezcla reaccionar durante 20 a 40 minutos, el molde es colocado en un horno para permitir la expansión de la espuma a su máxima altura. La temperatura en el horno debe estar a 140°C.
- Se removió la espuma del molde, y se dejó secar la espuma fenólica a temperatura ambiente durante dos días.

A partir de esta metodología se realizaron los ensayos para determinar la mejor composición de la espuma fenólica con los componentes establecidos.

Los procesos realizados se establecieron después de varias pruebas preliminares para la elaboración de la espuma fenólica floral.

Se realizaron varias pruebas para encontrar la mejor composición para la espuma floral.

A partir de la composición de la formulación 4 mostrada en el diseño experimental (Tabla 2.1), se procedió a cambiar las concentraciones de algunos de los componentes, se tomó esta formulación ya que las características de la espuma elaborada mejoraron a partir de esta.

En la tabla 2.6 se muestra las nuevas formulaciones. El total de cada composición da un 100 por ciento.

Tabla 2.6 Reactivos usados y formulaciones usadas para la elaboración de espumas florales a partir de la composición 4 de la tabla 2.1.

Reactivos	Composición				
	A	B	C	D	E
Resina fenol-formaldehído	59.88	55.71	46.83	44.95	43.95
Surfactante	5.98	8.35	9.36	7.86	7.7
Agente de humectación	1.49	2.78	2.34	2.24	2.19
Color - Tintura verde	4.5	8.35	7.02	6.75	6.59
Agente de soplado	8.98	9.75	11.71	11.23	10.99
Ácido catalizador	17.96	13.92	28.1	22.48	21.97
Urea	1.19	1.11	1.64	4.5	6.6

Procedimiento de elaboración de espumas florales (Hand mixing para laboratorio) (Iwasaki, 1990):

Una vez establecido las cantidades de los componentes se procedió a realizar el siguiente protocolo.

- A (Resina + Surfactante + Color + Agente de humectación)
- B (Agente de soplado)
- C (Ácido catalizador)

A → Ajustar la temperatura de los componentes a $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
 Pesar las cantidades exactas de cada componente.
 Colocar cada uno de los componentes en un vaso de precipitación de 1000 mL y mezclarlos por 5 minutos con el aparato de mezcla (Batidora)

- B → Ajustar la temperatura del componente a $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
Colocar el éter en el vaso de precipitación y mezclarlo por 5 minutos.
- C → Ajustar la temperatura del componente a $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
Adicionar el ácido catalizador en el vaso y mezclar durante 5 minutos.
- A + B + C → Mezclar hasta que la mezcla se torne espumosa y crezca.
Precalentar el molde en la estufa a una temperatura de 140°C .
Colocar la mezcla en un molde metálico abierto (Figura 2.7, A).
Mezclar la espuma hasta que alcance un volumen constante.
- Colocar el molde en la estufa a una temperatura de 140°C durante 30 minutos.



A



B

Figura 2.7 Moldes de aluminio usados para la elaboración de espumas fenólicas.
A Molde abierto y B molde cerrado a presión.

- Se determinó las siguientes características de la espuma obtenida: estado, densidad, color, consistencia, textura, olor y presencia de células abiertas.
- Se realizaron pruebas de absorción de agua y penetración.

2.5.4 Establecimiento de nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas adecuados para obtención de soluciones nutritivas

Se estableció que los nutrientes necesarios y preservantes sean los que presentaron mejores resultados en el periodo de aclimatación (T0, T1, T2 y T3) realizado en espuma floral comercial y turba, durante el periodo de 12 semanas. Basándose en esto se establecieron algunos de los nutrientes y preservantes usados en medios nutritivos preestablecidos con las cantidades detalladas en estos y aprobadas científicamente.

Además se adicionó un inhibidor de etileno y un bactericida.

Se determinaron los complementos necesarios así como cantidades óptimas de nutrientes, sustancia inhibidora de etileno, preservantes y bactericida para desarrollar una composición de enriquecimiento, que sirva para el desarrollo, conservación y adaptación de las plantas obtenidas in Vitro en el laboratorio.

Se tomaron en cuenta las concentraciones (g/L) usadas en distintos medios de cultivo ya establecidos de la mayoría de reactivos para adicionarlos en la composición de la espuma según el volumen de agua absorbido por estas, quiere decir que de acuerdo al volumen de agua absorbido se realizó una relación para determinar que cantidad de nutrientes, preservantes, inhibidores y bactericidas debía adicionarse en la espuma.

Después de determinar los mejores componentes de la composición de la mezcla enriquecedora se utilizaron los siguientes reactivos, detallados en la siguiente tabla (Tabla 2.7).

Tabla 2.7 Nutrientes, preservantes, inhibidores de etileno y bactericidas adecuados para el enriquecimiento de la espuma floral. Espinoza, 2010.

Sustancias enriquecedoras	Reactivo	Concentración [g/L]	Referencia
Nutrientes	Sulfato de zinc	0.0086	Peralvo, 2008.
	Sulfato de magnesio	0.37	Knudson, 1922.
	Fosfato de potasio	0.25	
	Sulfato de hierro	0.025	
	Sulfato de manganeso	0.0075	
	Nitrato de calcio	1	
	Sacarosa	30	
Preservantes	Citrato de sodio	0.5	López et al, 2003.
	Ácido cítrico	0.345	Peralvo, 2008.
Inhibidor de etileno	Nitrato de plata	0.01	Verdugo et al, 2003.
Bactericidas	Sulfato de aluminio	0.075	Arboleda, 1993.
	Phyton (polvo)	3.25	López et al, 2008.

2.5.5 Elaboración de espuma fenólica floral que incorpora sustancias óptimas

Se llevó a cabo el proceso de mezcla de los componentes para la elaboración de la espuma floral y durante este proceso se adicionó nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas. Cada uno de estos componentes (Tabla 2.7) fue molido y pulverizado previamente, se realizó la mezcla de todos para elaborar un Mix de los componentes enriquecedores de la espuma floral. Posteriormente, se sometió a agitación durante 5 minutos, se colocó la mezcla en el molde y se siguió con el proceso de curado exotérmico a 140°C hasta que la espuma fenólica este lista.

El proceso se detalla en el Anexo 4 donde se observa el esquema de elaboración de espuma floral basado en *Pilato* (1979) incorporando los reactivos óptimos en las cantidades adecuadas.

2.5.6 Pruebas de comparación entre espuma floral con nutrientes y la espuma comercial OASIS®.

La metodología a usarse para realizar las pruebas de comparación de espumas florales se basó en algunos de los parámetros de la metodología de López (2008) donde se midieron distintas variables, pero estas se adaptaron a plantas y no a flores como describe López (2008) y se determinaron más parámetros asociados al uso de espuma floral como soporte vegetal para aclimatación. En este caso se compararon características de las espumas, tiempos de adaptación de la planta, características de la aclimatación de las plantas (Espuma floral y OASIS®) y el comportamiento de la planta en los soportes.

Además, se realizaron tomas microscópicas de la estructura celular de las espumas florales para comparar a cada una de las espumas y poder apreciar las formaciones celulares. Se usó el microscopio electrónico OLYMPUS BX41, los lentes de aumento usados para visualizar la estructura de la espuma floral fueron de 4X, 10X y 40X.

2.5.6.1 Comparación de propiedades de las espumas florales

Se realizó la comparación de distintas propiedades de cada espuma floral, se comparó: color, olor, estado, textura, densidad, consistencia, porosidad, suavidad, absorción de agua y pH.

La densidad de la espuma se determinó, cortando un cubo de espuma, del cual se determinó volumen y peso. Para asegurarse de la densidad obtenida se realizó tres repeticiones por muestra.

Las propiedades como olor, color, textura, suavidad, porosidad, consistencia y estado se determinaron por medio de los sentidos, como tacto, olfato, vista.

Para determinar la cantidad de agua absorbida por las espumas florales, se utilizó los cubos de espuma obtenidos para medir la densidad y se los colocó en un vaso de precipitación que contenía agua destilada en un volumen de 100 mL durante cinco minutos.

Se determinó el volumen absorbido, midiendo el volumen dejado en el vaso de precipitación y posteriormente se procedió a pesar la espuma floral en una balanza analítica para determinar el peso de agua absorbida.

Para determinar el pH del agua se utilizó un potenciómetro o pHmetro. Se calculó el pH del agua en la cual la espuma floral estuvo sumergida durante 5 minutos.

2.5.6.2 Análisis microscópico de la estructura celular de la espuma floral

Se realizó un análisis microscópico de la estructura celular de las espumas florales obtenidas y la comercial para comparar cada una de ellas y poder apreciar y visualizar las formaciones celulares o celdas. Se usó el microscopio electrónico OLYMPUS BX41, los lentes de aumento usados para visualizar la estructura celular de la espuma floral fueron de 4X y 10X.

Se realizaron cortes con bisturí en la espuma floral para obtener láminas de muestra de la espuma que puedan ser visualizados en el microscopio, estas debían tener un espesor de 1 a 0.5 mm. Las láminas de espuma se colocaron en un portaobjetos y fueron vistas directamente en el microscopio, se realizaron tomas con los lentes de 4x, 10x y 40x.

2.5.6.3 Pruebas de Longevidad vegetal

Para la evaluación de la longevidad vegetal se colocaron las plantas sembradas en espuma floral dentro de un invernadero (Anexo 5). La

espuma floral se corto en pequeños cubos de 0.5 cm de lado con un volumen de 0.125 cm³, se colocó una cantidad semejante en cada uno de los vasos que va a servir como maceta, para cada una de las plantas. Se trabajó con un fotoperíodo natural de 12 horas luz y 12 horas oscuridad.

El invernadero se mantuvo a una temperatura máxima de 44 °C y una mínima de 20 °C. La humedad se mantuvo en un promedio de 33%.

Anexo 6.

La longevidad o tiempo de vida en la etapa de aclimatación se evaluó a partir del día en el que se acondicionaron las plantas en el nuevo sustrato hasta las dos primeras semanas, tiempo comprendido para aclimatar las plántulas. Las variables de calificación fueron las siguientes:

- 1) Deformidad, caída de hojas, tallos doblados, senescencia.
- 2) Ausencia de follaje, deshidratación, necrosis.
- 3) Daño por hongo o bacteria (apenas presente cualquier tipo de lesión sin importar su tamaño), decoloración, deshidratación y necrosis (manchas de necrosis presentes).

Estos criterios se establecieron en la metodología de *López et al, 2008*. Durante las evaluaciones se midió la temperatura y la humedad relativa en el invernadero.

2.5.6.4 Pruebas de aclimatación

Se determinaron características cualitativas y cuantitativas durante el periodo de dos semanas durante la etapa de aclimatación de las orquídeas

y violetas para determinar la mejor adaptación en las espumas florales y ver como se adaptan las plantas a este nuevo sustrato.

Para determinar las características cualitativas y cuantitativas se analizaron cada una de las plantas, se tomaron datos cada dos días durante el periodo que duró la etapa de aclimatación.

2.5.6.4.1 Características Cualitativas

- Color y calidad del explante (E-MB-B-R-M)
- Daño por microorganismo (SI-NO)
- Calidad y estado del sustrato(E-MB-B-R-M)

Las características cualitativas se evaluaron con los siguientes parámetros y se estableció para cada una de ellas una denominación numérica para realizar el análisis estadístico. De igual manera para los determinantes Si (1) y No (0).

E = Excelente

MB = Muy bueno

B = Bueno

R = Regular

M = Malo

2.5.6.4.2 Características Cuantitativas

- Longitud de la planta (Ápice de la hoja mayor – ápice de la raíz)
- Porcentaje de plantas vivas

La toma de datos se realizó cada 2 días durante dos semanas.

2.5.6.5 Pruebas de adaptación vegetal a los soportes florales

Para determinar la adaptación de las plantas al sustrato de espuma floral y las propiedades de las espumas florales durante el tiempo de aclimatación de las plantas se determinaron las siguientes características: penetración radicular de la planta en la espuma (si existió o no), calidad de la espuma y contaminación del sustrato (presencia de hongos o bacterias).



Figura 2.8 Orquídea (*Cattleya spp.*) en soporte floral.

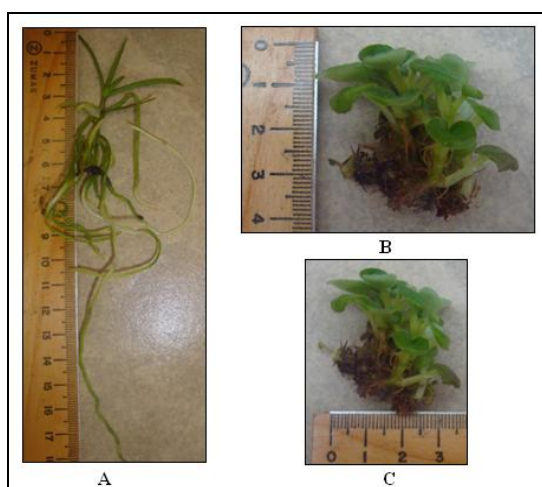


Figura 2.9 Medición de características cuantitativas. A Longitud total de una planta de orquídea. B Longitud total de una planta de violeta. C Ancho de una planta de violeta.

2.5.6.6 Consumo de agua

Durante la evaluación se llevó a cabo el control del consumo de agua, evaporación o pérdida de la misma en la espuma en invernadero. Para ello, se pesaron respectivamente los soportes florales sin agua y con agua. Los datos se tomaron cada 24 horas durante 8 días.

También se calculó el consumo de agua y evaporación de la misma con plantas, durante el mismo periodo cada 24 horas.

Se determinó cual fue la cantidad de agua evaporada de los soportes florales. El promedio de consumo diario de agua se calcula considerando los días de evaluación y la evaporación del agua (*López et al, 2008*).

2.6 Análisis de Datos

El análisis de datos de los resultados obtenidos se llevo a cabo con el programa STATGRAPHICS Plus 2000. Edición Profesional.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

Los resultados de la investigación mostrados a continuación presentan una secuencia semejante a la de la metodología.

3.1 Preparación de plántulas de orquídea y violeta

Con respecto a la preparación de plántulas de orquídea (*Cattleya spp.*) y violeta (*Saintpaulia ionantha*) en estado in Vitro para proceso de aclimatación en espuma floral, se obtuvieron plántulas fuertes, con raíces gruesas y largas. Todas las plántulas presentaron condiciones aptas para aclimatación.

3.2 Preparación de resinas fenólicas tipo resol

La resina fenólica obtenida presentó características óptimas para ser usada para la elaboración de espumas fenólicas florales. La resina producida en laboratorio presentó un pH de 9 propio de un resol y una viscosidad de 2825 cP, adecuada para la elaboración de espumas florales. La obtención de la viscosidad de la resina se realizó en base a pruebas de laboratorio y se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$v = \mu / \delta$$

Donde:

v = Coeficiente de viscosidad cinemática

μ = Coeficiente de viscosidad dinámica

δ = Densidad del fluido

Se obtuvo la viscosidad de la resina, determinando el tiempo (s) que recorre en una distancia (cm) establecida. Además, se determinó las viscosidades de la resina durante el periodo de elaboración de la misma, a temperatura ambiente (20°C) y a temperatura de reacción (90°C). Los resultados se muestran en la Gráfico 3.1 y Gráfico 3.2.

En el gráfico 3.1 se puede observar que al inicio del proceso de curado de la resina, esta no presenta cambios notables en su viscosidad hasta los 60 minutos, a partir de este tiempo la viscosidad asciende en forma lineal, donde se puede apreciar que a los 70 minutos adquiere la viscosidad deseada a temperatura ambiente para la elaboración de una espuma fenólica floral con una viscosidad de 2825 cP.

La viscosidad sigue creciendo y a los 90 minutos se alcanzó una viscosidad de aproximadamente 5000 cP. Luego de este tiempo la resina sigue aumentando su viscosidad rápidamente hasta llegar a un punto donde se convierte en una resina sólida, termorresistente.

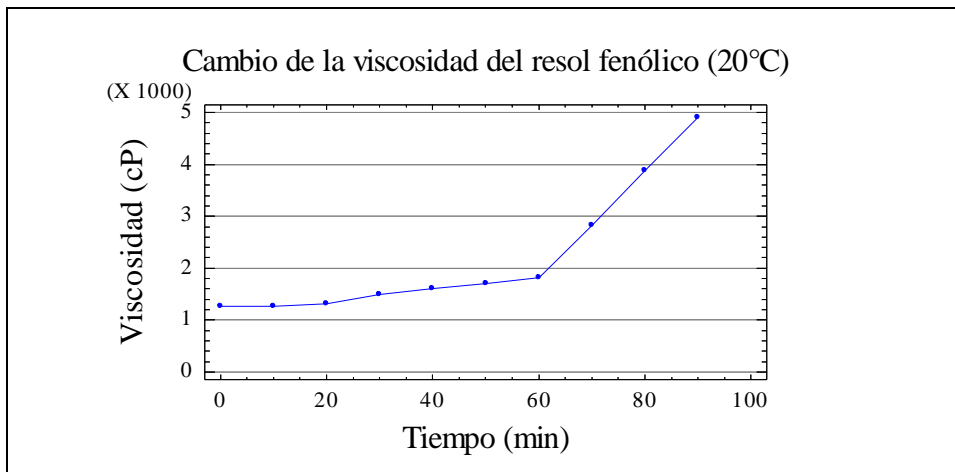


Gráfico 3.1 Progreso de la viscosidad de la resina fenólica a temperatura ambiente, durante el proceso de elaboración.

En el siguiente gráfico observamos el cambio de viscosidad de la resina fenólica durante el proceso de curado a 90°C. Debido a que las mediciones de viscosidad se realizaron a esta temperatura, los valores de viscosidad son menores. La viscosidad de la resina aumenta notablemente a un tiempo de 50 minutos, luego de este periodo la viscosidad de la resina aumenta considerablemente y sigue ascendiendo. A los 120 minutos de la reacción la resina alcanza una viscosidad muy elevada (> 10.000 cP) y a temperatura ambiente esta se vuelve sólida.

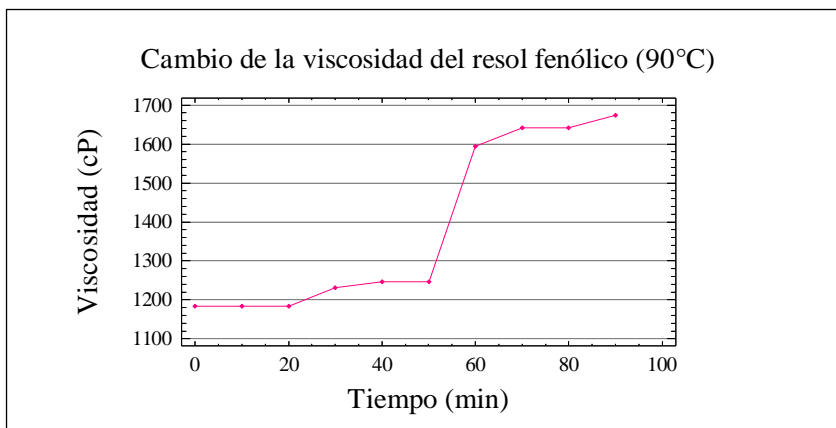


Gráfico 3.2 Progreso de la viscosidad de la resina fenólica a temperatura de reacción (90°C), durante el proceso de elaboración.

La determinación de los cambios de viscosidad de la resina a temperatura ambiente nos permitió calcular la correlación existente entre el tiempo de reacción y la viscosidad. De esta forma se obtuvo una correlación de $R^2 = 0.9659$, con la fórmula: $y = 0.7571x^2 - 31.902x + 1486.6$, que se ajusta a una tendencia o regresión polinomial.

De la misma manera se determinó la correlación existente entre el cambio de viscosidad de la resina tipo resol en función del tiempo. La correlación fue de $R^2 = 0.9708$, para obtener esta correlación se tuvo que eliminar el dato de viscosidad obtenido a los 60 minutos de reacción. La fórmula obtenida fue $y = 0.0886x^2 - 2.2358x + 1192$

Cuando se realiza una comparación entre los cambios de viscosidad como se puede observar en el Gráfico 3.3, se observa que las viscosidades de la resina aumentan paulatinamente y de forma semejante hasta los primeros 45 minutos de la reacción, luego de esto la actividad cambia y la viscosidad de la misma resina se comporta de forma diferente, a una temperatura de 20°C la viscosidad de la resina asciende en forma lineal, mientras que a una temperatura de 90°C, la viscosidad se eleva gradualmente en aproximadamente 10 minutos.

La viscosidad de la resina a temperatura ambiente aumenta más rápido o es mayor que la viscosidad a 90°C, esto debido al efecto de la temperatura en la viscosidad de los fluidos.

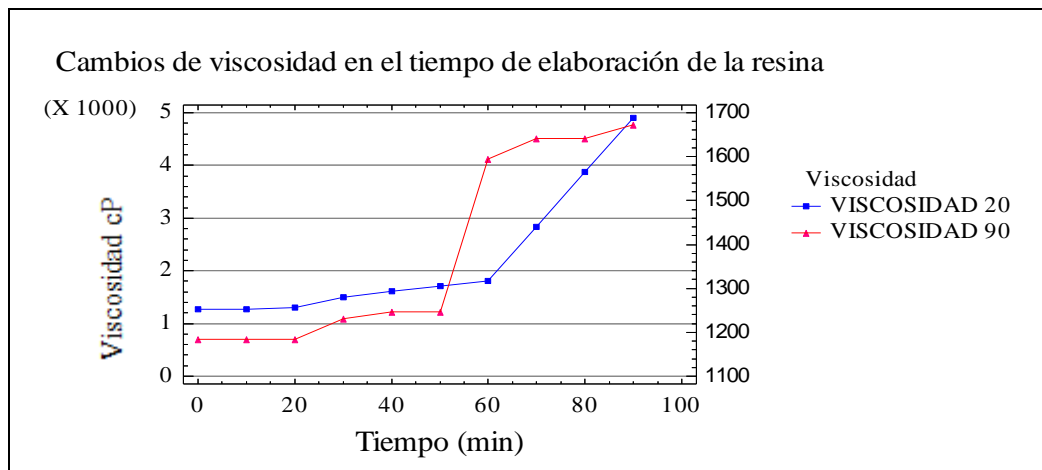


Gráfico 3.3 Comparación de los cambios de la viscosidad de la resina fenólica a temperatura ambiente (20°C) y de reacción (90°C), durante el proceso de elaboración.

Se determinó que la resina fenólica obtenida está dentro del grupo de fluidos no newtonianos dependientes del tiempo, debido a que la viscosidad de estas resinas varía con la temperatura y la presión. De igual forma, a temperatura ambiente su viscosidad sigue en aumento con el paso del tiempo. Debido a esto se reconoce que estas resinas son inestables y termoendurecibles.

3.3 Composición química y elaboración de las espumas florales

Para determinar la mejor composición de la espuma floral en el proceso de elaboración se establecieron cinco tratamientos para la obtención de espumas florales. Se determinaron las variables cualitativas como cuantitativas presentadas por las espumas florales obtenidas para determinar el mejor resultado, además se comparó algunas de estas propiedades con espuma floral comercial. Las características fueron: composición, olor, color, volumen, textura, pH, velocidad de absorción de agua, cantidad de agua absorbida, peso y fijación. Los reactivos usados y su composición se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Formulaciones para la elaboración de espumas florales. Espinoza, 2010.

Reactivos	Composición				
	A	B	C	D	E
Resina fenol-formaldehído	59.88	55.71	46.83	44.95	43.95
Surfactante	5.98	8.35	9.36	7.86	7.7
Agente de humectación	1.49	2.78	2.34	2.24	2.19
Color - Tintura verde	4.5	8.35	7.02	6.75	6.59
Agente de soplado	8.98	9.75	11.71	11.23	10.99
Ácido catalizador	17.96	13.92	28.1	22.48	21.97
Urea	1.19	1.11	1.64	4.5	6.6

Se obtuvieron cinco diferentes espumas florales, debido a la variación de la composición química de estas. Los resultados obtenidos de los parámetros determinados se muestran a continuación en la Tabla 3.2 y Tabla 3.3. Estos datos reflejan características cuantitativas y cualitativas de las espumas florales obtenidas en el laboratorio.

Todas las espumas florales fueron obtenidas bajo el mismo método (proceso hand-mixing), con una temperatura de curado de 140°C, en un tiempo promedio de 30 minutos. Debido a las características y por ser el mejor tratamiento se determinó que la composición usada en la espuma floral 4 es la que presenta cualidades superiores a las demás.

Tabla 3.2 Características cuantitativas obtenidas de las espumas florales.

Características Cuantitativas	Tratamientos Espuma Floral								
	OASIS			1			2		
Repeticiones	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Volumen (cm ³)	18	20	25	4.5	4	3.37	7.56	11.2	3.72
Peso seco (g.)	0.314	0.362	0.4475	0.59	0.55	0.4006	0.9205	0.9816	0.304
Densidad	0.0174	0.0181	0.0179	0.13111	0.1375	0.11887	0.12176	0.08764	0.08172
pH	7	6.9	7	2.35	2.56	2.4	2.85	3	3.2
Absorción de agua (peso)	45	45	44	1.88	2	1.25	4	3.75	4.1

Características Cuantitativas	Tratamientos Espuma Floral								
	3			4			5		
Repeticiones	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Volumen (cm ³)	28.87	29	35	7.5	8	8.5	0.9	1.2	1.19
Peso seco (g.)	2.13638	2.001	2.5305	0.1725	0.264	0.176715	0.098	0.103	0.108
Densidad	0.074	0.069	0.0723	0.023	0.033	0.02079	0.10889	0.08583	0.09076
pH	6.54	6.2	6.33	6.66	6.8	6.91	7	6.9	6.8
Absorción de agua	4.5	6	6.8	20.5	18.7	20.8	6.18	5.52	4.09

Tabla 3.3 Características cualitativas obtenidas de las espumas florales.

Características Cualitativas	Tratamientos Espuma Floral								
	OASIS			1			2		
Repeticiones				1	2	3	1	2	3
Olor	Inodoro	Inodor	Inodoro	Fenólico	Fenólico	Fenólico	Fenólico	Fenólico	Fenólico
Color	Verde o.	Verde o.	Verde o.	Verde	Verde	Verde	Verde c.	Verde c.	Verde c.
Estado	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido
Consistencia	Dura-esp.	Dura-esp.	Dura-esp.	Blanda	Blanda	Blanda	Ligera	Ligera	Ligera
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa
Suavidad	Semi-suave	Semi-suave	Semi-suav	Semi	Semi	Semi	Semi-duro	Semi-duro	Semi-duro
Friabilidad	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Características Cualitativas	Tratamientos Espuma Floral								
	3			4			5		
Repeticiones	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Olor	Fenólico	Fenólico	Fenólico	L. fenólico	L. fenólico	Inodoro	L. fenólico	L. fenólico	L. fenólico
Color	Verde	Verde	Verde	Beige	Beige	Beige	Crema	Crema	Crema
Estado	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido
Consistencia	Duro	Duro	Duro	Esponjosa	Esponjosa	Esponjosa	Esponjoso	Esponjoso	Esponjoso
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa
Suavidad	No	No	No	Semi-suave	Semi-suave	Semi-suave	Firme	Firme	Firme
Friabilidad	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Todas estas características permitieron determinar cuál fue la espuma floral que presentó las mejores cualidades y cuál sería usada para el proceso de aclimatación de

plántulas obtenidas en laboratorio. A continuación se muestran los resultados de las características más representativas de la espumas fenólicas florales obtenidas. Como se puede observar en el Gráfico 3.4 la composición D (Tabla 3.1), muestra la mejor capacidad de absorción de agua, esta espuma floral absorbe una cantidad promedio de 20 veces su peso en agua. Para calcular la capacidad de absorción se utilizó las siguientes fórmulas:

$$P_{EFa} - P_{EFi} = P_{H_2O}$$

P_{EFa} = Peso espuma floral con agua absorbida

P_{EFi} = Peso espuma floral seca

P_{H_2O} =Peso del agua absorbida por la espuma floral

$$V_i - V_a = V_{H_2O}$$

V_i = Volumen inicial de agua en vaso de precipitación (100 mL)

V_a = Volumen de agua restante en vaso de precipitación

V_{H_2O} = Volumen de agua absorbido por la espuma floral

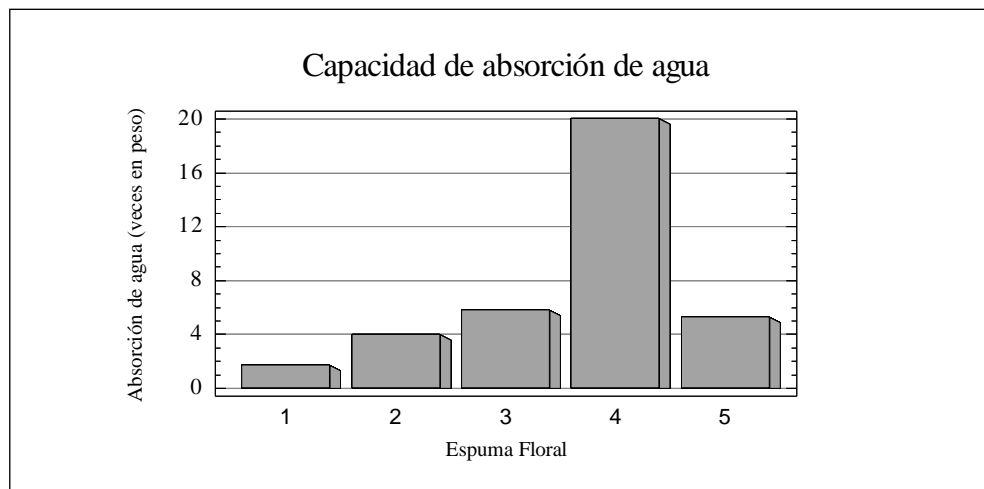


Gráfico 3.4 Capacidad de absorción de agua de las espumas obtenidas por composición.

En el Gráfico 3.5 se muestra la medida del pH de las espumas florales obtenidas, la medición del pH permite determinar cuál es la espuma más apta para el proceso de aclimatación de las plantas de orquídea y violeta.

Las espumas florales con la composición C, D y E presentaron una semejanza no significativa. El pH promedio obtenido fue de 6.79 en la espuma floral D y de 6.9 en la E, el cual es apto para el crecimiento y absorción de nutrientes por parte de las plantas, las espumas de los tratamientos A y B presentaron un pH muy bajo (ácido).

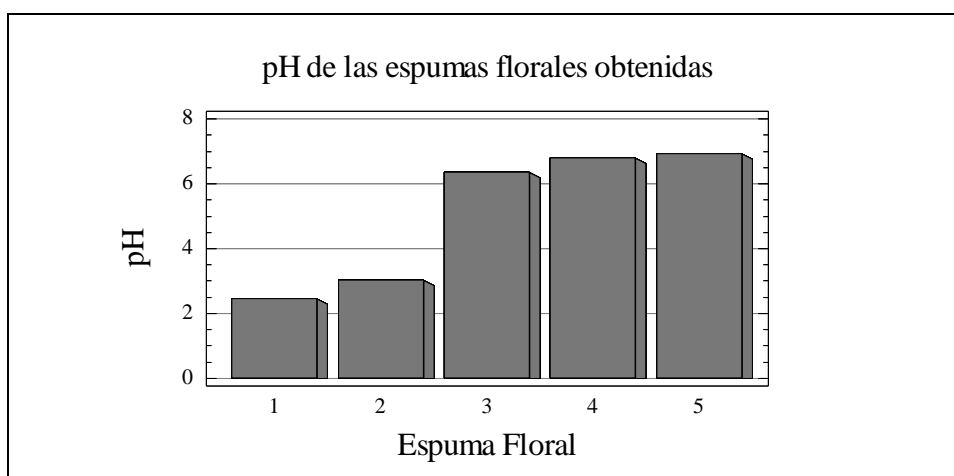


Gráfico 3.5 Medida del pH de la espuma floral fenólica.

La mejor densidad fue presentada por la composición D, la cual presentó una densidad promedio de 0.0255 g/cm^3 , esta densidad fue la más baja y la que muestra mejores condiciones para aclimatación de plantas obtenidas in Vitro. Gráfico 3.6.

Los resultados obtenidos demuestran que la mejor composición y espuma fenólica producida fue la elaborada con la composición D (Tabla 3.1), debido a que esta presenta características adecuadas y apropiadas, para considerarla como espuma fenólica floral y para la aclimatación y adaptación de plantas obtenidas in Vitro.

Para calcular la densidad se aplicó la fórmula:

$$d = m/v$$

d = densidad

m = masa

v = volumen

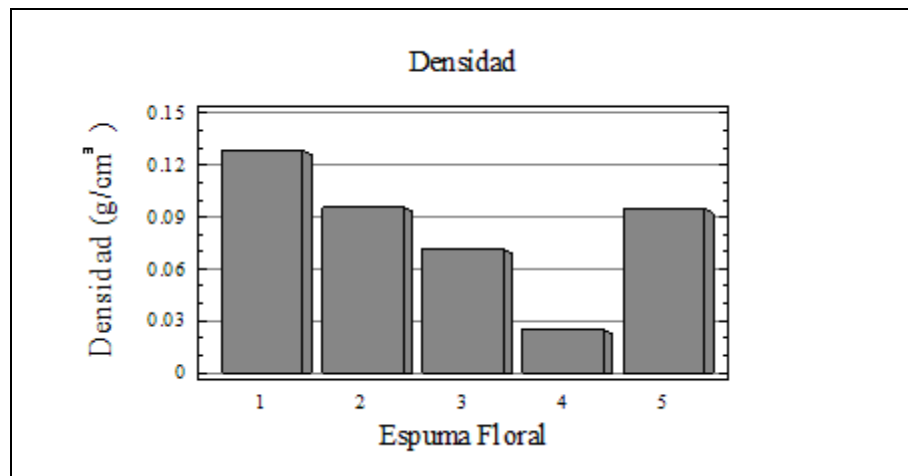


Gráfico 3.6 Densidad de la espuma floral fenólica

3.4 Componentes nutritivos para la espuma floral y adaptación de plántulas.

Se realizaron pruebas en invernadero para determinar si las plantas de orquídea (*Cattleya spp.*) y violeta (*Saintpaulia ionantha*) se adaptarían en la etapa de aclimatación a un sustrato diferente como es la espuma floral, se la comparó con tierra (turba). Se usaron cuatro soluciones nutritivas preestablecidas para comprobar con que nutrientes y conservantes las plantas se desarrollarían mejor y de esta forma determinar los componentes nutritivos de la espuma floral a elaborarse. Se midieron y observaron factores fisiológicos y adaptivos de las plantas tanto cualitativos como cuantitativos para determinar su comportamiento y adaptación, estas pruebas se realizaron tanto en tierra (turba) como en espuma floral (OASIS®).

A continuación se muestra el análisis estadístico obtenido. Los datos obtenidos fueron recogidos en un periodo de 14 semanas. Debido a que no se contó con plántulas del mismo tamaño, se procedió a medir el parámetro crecimiento como la diferencia de altura inicial y final.

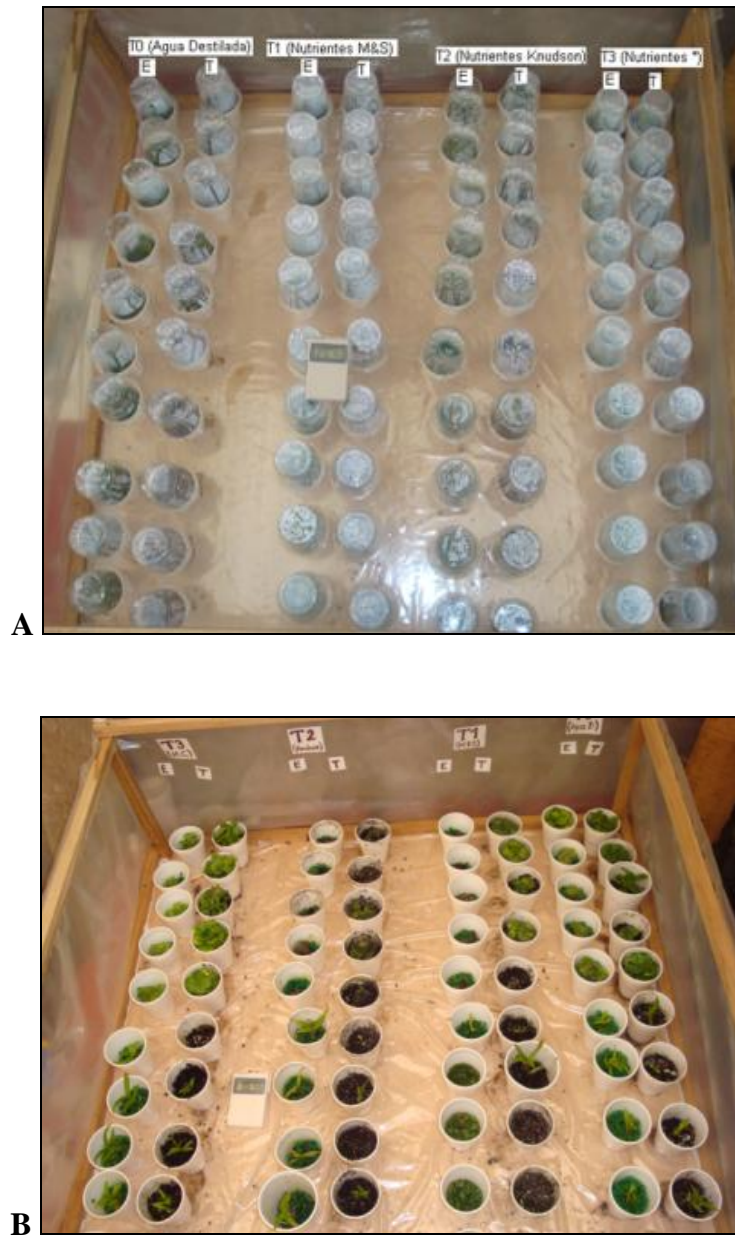


Foto 3.1. Plantas de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*) y orquídea (*Cattleya spp.*) sometidas a diferentes tratamientos (T0, T1, T2 y T3) en dos tipos de sustratos (Espuma Floral - Turba). A) Durante la etapa de aclimatación. B) Después de 14 semanas. Sangolquí -Ecuador.

Se observó las características fisiológicas (crecimiento, calidad y color) y la adaptación de las plantas (supervivencia) de acuerdo a los tratamientos usados, tanto al inicio como al final del periodo determinado.



Foto 3.2. Plantas de orquídea y violeta después de la etapa de aclimatación (Tres meses).

A continuación se observa como las plantas reaccionaron durante la fase de aclimatación a los diferentes tratamientos y sustratos. En la etapa inicial de aclimatación los explantes presentaban excelentes características fisiológicas. En las figuras se observa el estado de las plantas en espuma floral, turba y las repeticiones en los dos sustratos.

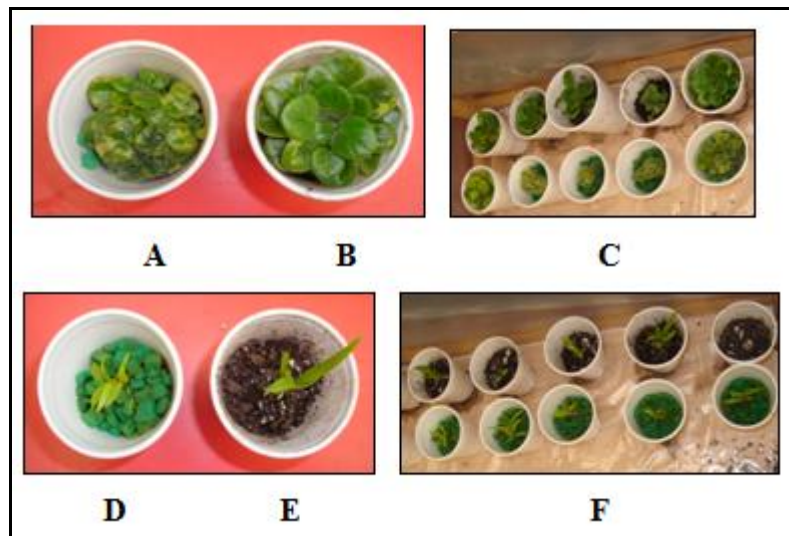


Foto 3.3 Plantas después de la etapa de aclimatación, sometidas al Tratamiento T0 (Agua destilada). A) Violeta con soporte de espuma floral, B) violeta sembrada en tierra, C) repeticiones en espuma y tierra, D) orquídea en espuma floral, E) orquídea en tierra y F) repeticiones.

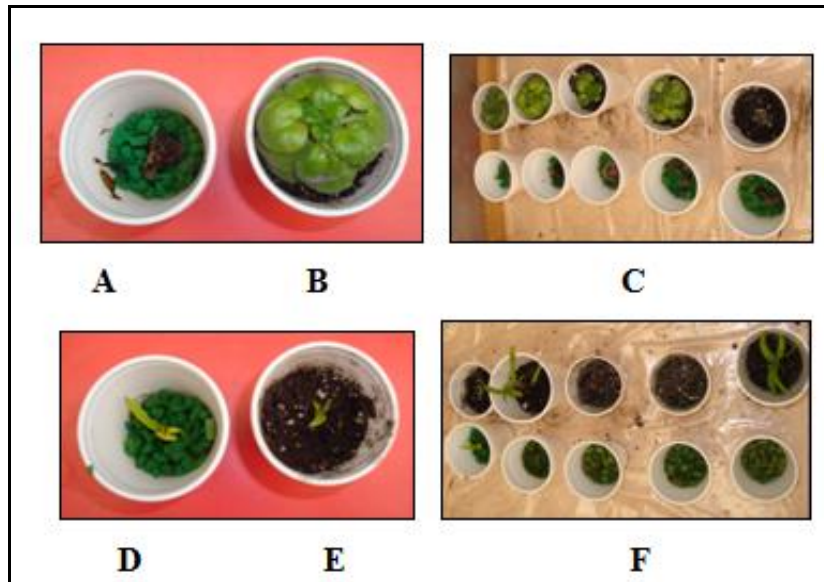


Foto 3.4 Plantas después de la etapa de aclimatación, sometidas al Tratamiento T1 (M&S).
 A) Violeta con soporte de espuma floral, B) violeta sembrada en tierra, C) repeticiones en espuma y en tierra, D) orquídea en espuma floral, E) orquídea en tierra y F) repeticiones.

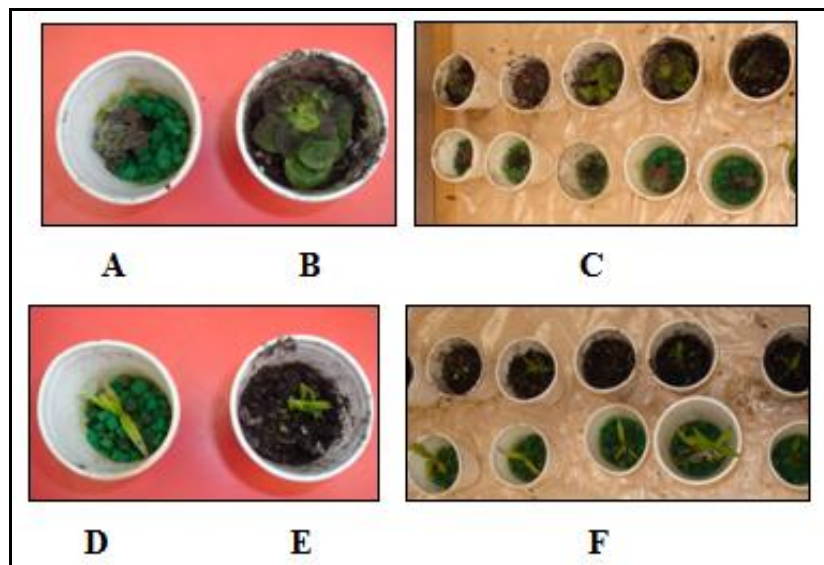


Foto 3.5 Plantas después de la etapa de aclimatación, sometidas al Tratamiento T2 (Knudson).
 A) Violeta con soporte de espuma floral, B) violeta sembrada en tierra, C) repeticiones en espuma y en tierra, D) orquídea en espuma floral, E) orquídea en tierra y F) repeticiones.

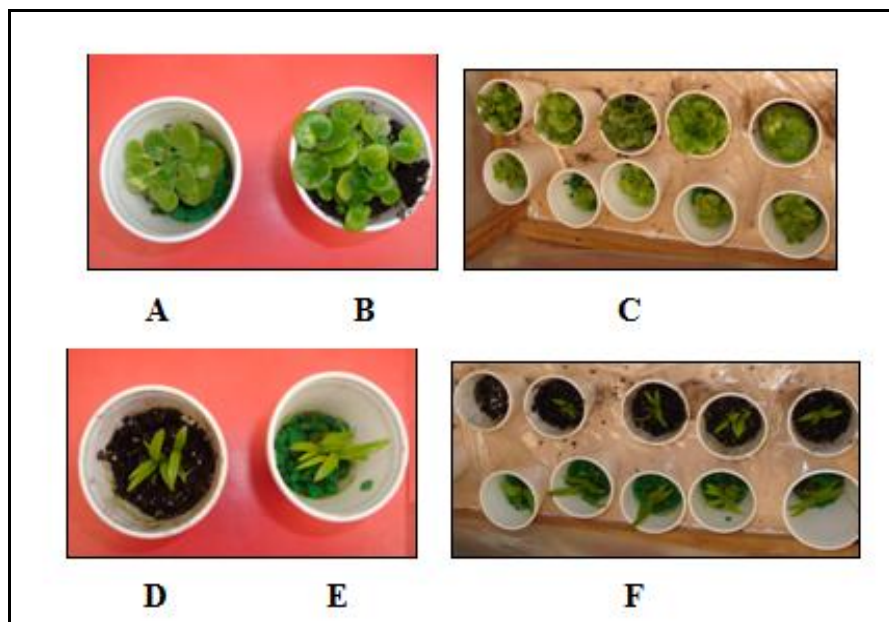


Foto 3.6 Plantas después de la etapa de aclimatación, sometidas al Tratamiento T3 (Medio comercial Multiflor). A) Violeta con soporte de espuma floral, B) violeta sembrada en tierra, C) repeticiones en espuma y en tierra, D) orquídea en espuma floral, E) orquídea en tierra y F) repeticiones.

Se utilizó un número inicial de plantas de 80, la mitad violetas y la otra mitad orquídeas. Se obtuvo un total de plantas vivas post-aclimatación de 61 lo cual representa el 76.25% (Tabla 3.4).

El porcentaje de supervivencia por tratamientos T0 (Agua destilada) = 100%, T1 (M&S) = 40%, T2 (Medio Knudson) = 70% y T3 (medio comercial Multiflor) = 95%.

En espuma floral el porcentaje de supervivencia de violetas y orquídeas fue de 50% y 80% respectivamente. En tierra el porcentaje de supervivencia de fue de 95% y 80%, para violeta y orquídea.

Tabla 3.4 Supervivencia de las plantas en la etapa de aclimatación.

Supervivencia de plantas										
	T0		T1		T2		T3		Supervivencia	
SUSTRATO	V	O	V	O	V	O	V	O	por sustrato	Porcentaje
Espuma floral	5	5	0	1	0	5	5	5	26	65
Tierra	5	5	4	3	5	4	5	4	35	87.5
Total	10	10	4	4	5	9	10	9	61	76.25
Porcentaje de supervivencia	100	100	40	40	50	90	100	90		
Supervivencia por tratamiento	100		40		70		95			

V= violeta, O= orquídea.

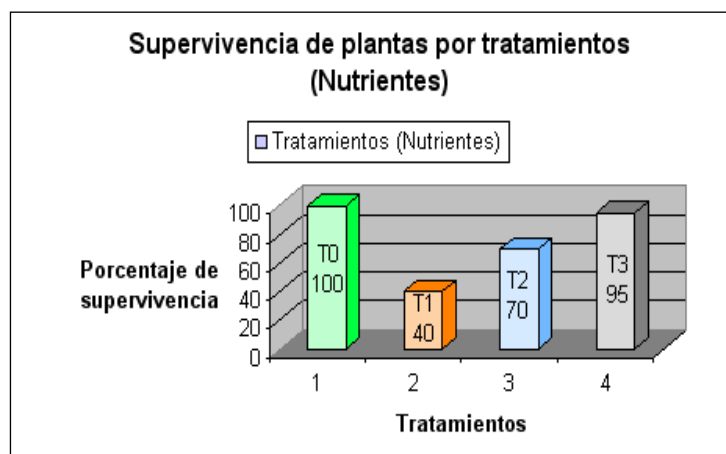


Gráfico 3.7 Supervivencia de plantas por tratamientos (Nutrientes).

En el Gráfico 3.7 se observa que la supervivencia de plantas, tanto de orquídeas como de violetas fue mayor en los tratamientos T0 (Agua destilada) y T3 (Medio comercial Multiflor), los cuales son los mejores tratamientos. El tratamiento T2 (Medio Knudson) presentó un porcentaje de supervivencia del 70%, mientras que el tratamiento T1 (medio M&S) fue el que menor porcentaje de supervivencia de plantas en el periodo de aclimatación presentó, 40%. En el Gráfico 3.8 se observa la supervivencia de plantas por sustrato, espuma floral (verde) y tierra (naranja), por tratamiento realizado. La supervivencia en los dos sustratos fue significativa para todos los tratamientos a excepción

de T3 y T0, la supervivencia varió para los demás tratamientos en los dos sustratos usados (espuma floral comercial y turba).

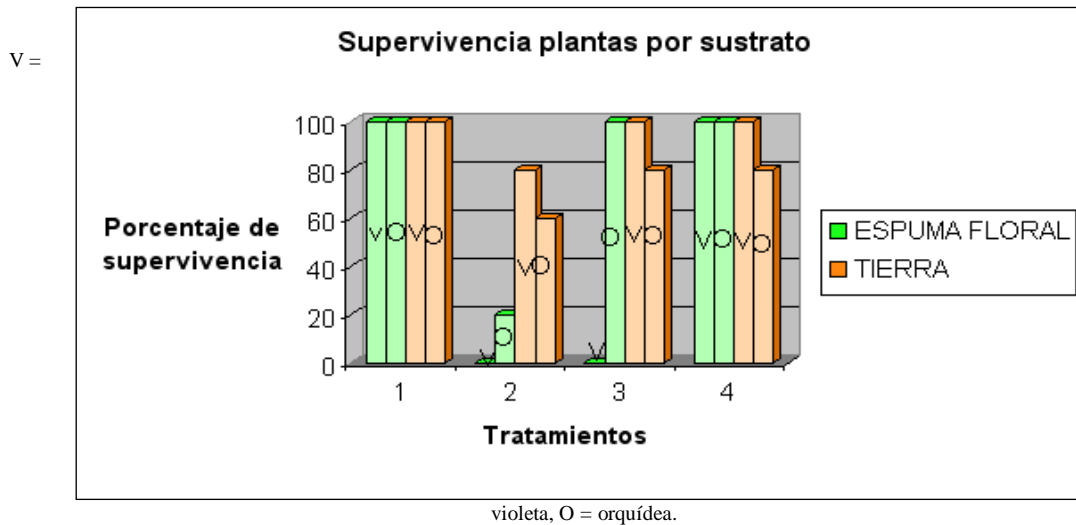


Gráfico 3.8 Supervivencia de plantas por sustrato (Espuma floral - tierra).

Los resultados de la supervivencia de plantas de violeta (*Saintpaulia ionantha*) en el Gráfico 3.9 muestran que la supervivencia de plantas fue mayor con el tratamiento T0 y T3, no existe significancia. Mientras que el tratamiento T1 y T2 no muestran resultados favorables para la aclimatación de plantas de violeta.

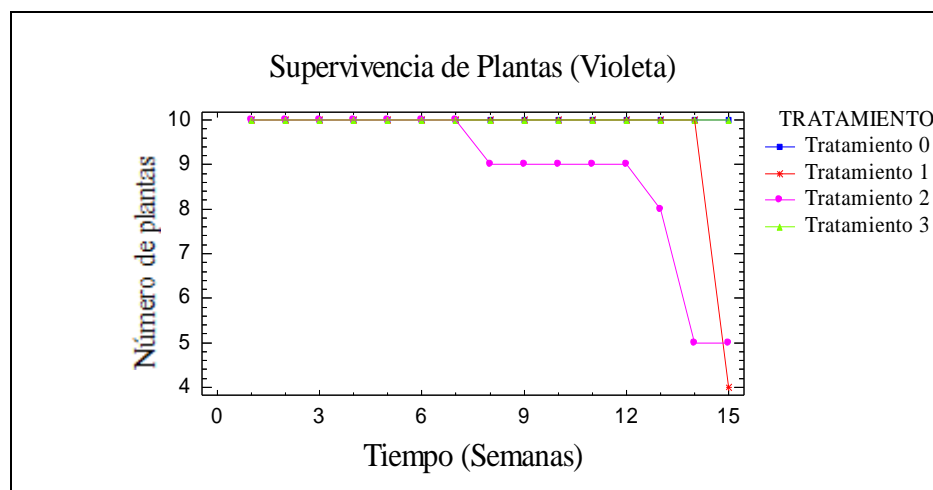


Gráfico 3.9 Supervivencia de plantas de Violeta (*Saintpaulia ionantha*) por tratamiento.

Los resultados de la supervivencia de plantas de orquídea (*Cattleya spp.*) en el Gráfico 3.10 muestran que la supervivencia de plantas fue mayor con el tratamiento T2 y T3. Mientras que la supervivencia en tratamiento T1 fue nula a la semana 14.

El tratamiento T0 no muestra resultados favorables para la aclimatación de plantas de orquídea, debido a que en la semana 10 decae la supervivencia de plantas.

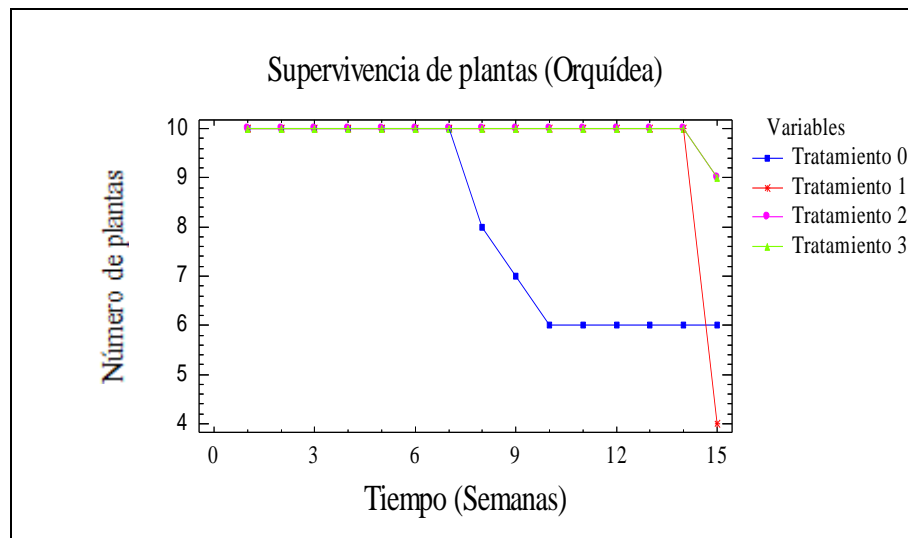
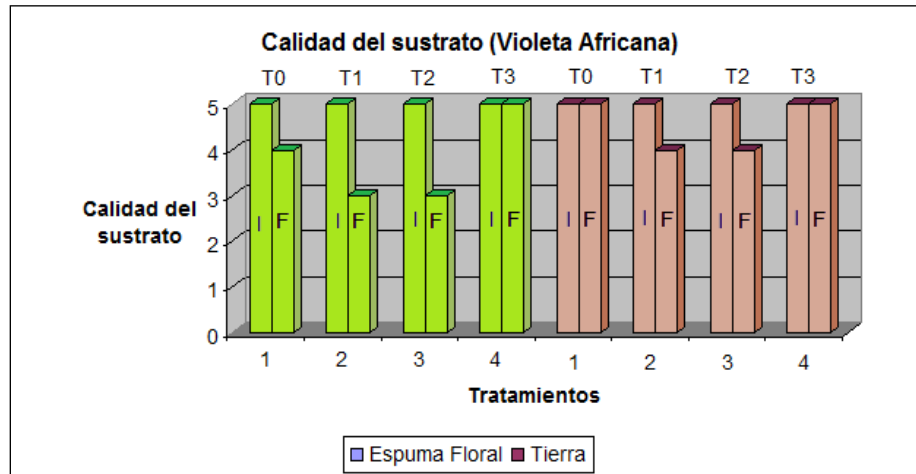


Gráfico 3.10 Supervivencia de plantas de Orquídea (*Cattleya spp.*) por tratamiento.

En el Gráfico 3.11 se observa que la calidad del sustrato (espuma floral) usado para la aclimatación de violetas decae en los tratamientos T0, T1 y T2, a las 14 semanas, mientras que en el tratamiento T3 el sustrato permanece en excelentes condiciones.

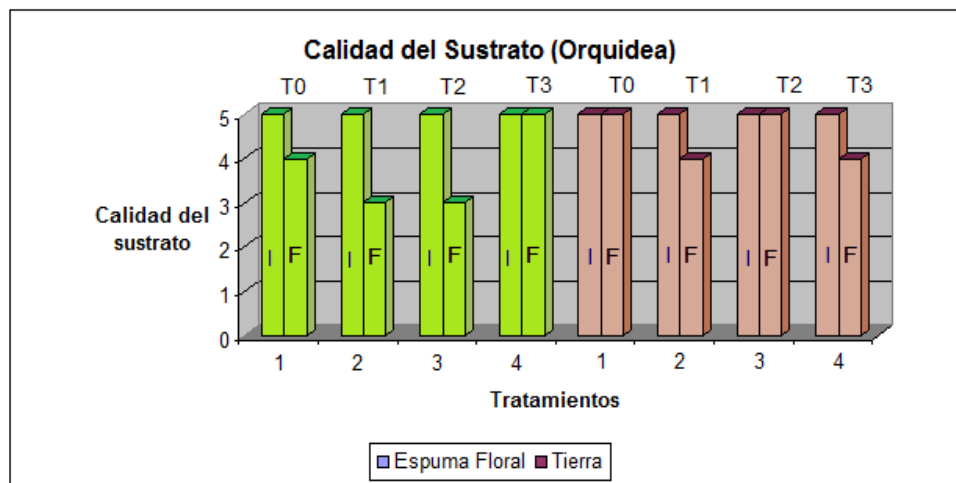
Las condiciones o calidad de la tierra muestran las mismas condiciones en los tratamientos T0 y T3, mientras que la calidad decae en los tratamientos T1 y T2, al final del periodo de experimentación.



I=Inicial F=Final

Gráfico 3.11 Calidad del sustrato durante la etapa de aclimatación de violetas.

En el Gráfico 3.12 se observa que la calidad del sustrato (espuma floral) usado para la aclimatación de orquídeas decae en los tratamientos T0, T1 y T2, mientras que con el tratamiento T3 el sustrato permanece en excelentes condiciones. Las condiciones o calidad de la tierra muestran las mismas condiciones en los tratamientos T0 y T2, mientras que la calidad decae en los tratamientos T1 y T3.



I=Inicial F=Final

Gráfico 3.12 Calidad del sustrato (Espuma - Tierra) durante la aclimatación de orquídeas.

En los siguientes gráficos 3.13 al 3.16 y en las tablas 3.5 a la 3.8 se muestran los análisis de varianza, las medias y los intervalos de interacción con respecto a la variable del crecimiento (cm) de plantas de violeta y orquídeas en espuma floral y tierra por tratamiento (T0, T1, T2 y T3).

Crecimiento de plantas de violeta

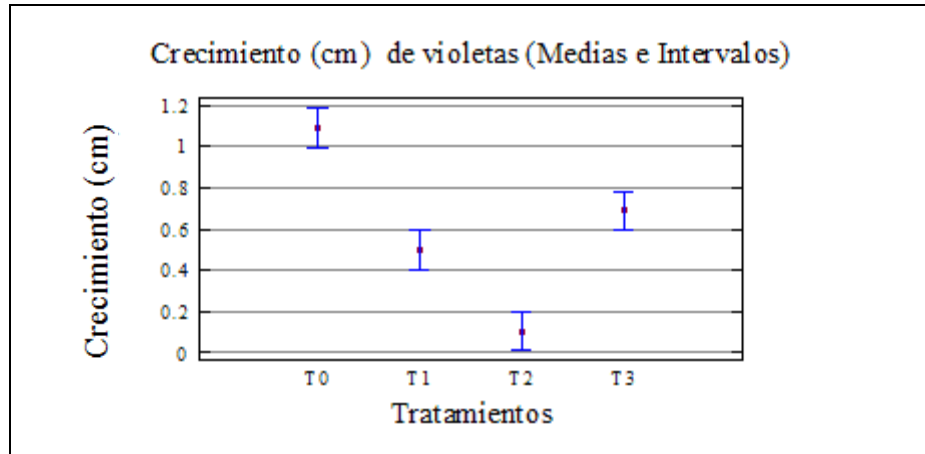


Gráfico 3.13 Medias e Intervalos de crecimiento de plantas de Violeta (*Saintpaulia ionantha*) durante 14 semanas, sometidas a diferentes tratamientos y sustratos.

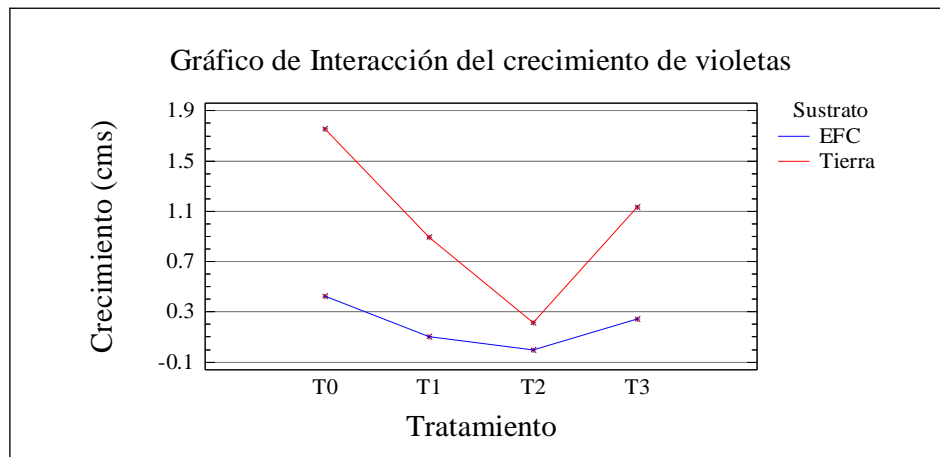


Gráfico 3.14 Gráfico de interacción del crecimiento de plantas de Orquídea (*Cattleya spp.*) en un periodo de 14 semanas, sometidas a diferentes tratamientos y sustratos.

El crecimiento de plantas de violeta en espuma floral fue mayor en el tratamiento T0, el tratamiento T3 también presentó un buen crecimiento. El tratamiento T1 mostró no ser tan efectivo. El tratamiento T3 presentó poco crecimiento al inicio de aclimatación y después de la semana 8 y 6 respectivamente el crecimiento paro o decayó y la mayoría de las plantas murieron. El mejor sustrato fue tierra.

Tabla 3.5 Análisis de la varianza para la variable crecimiento de las plantas de violeta.

Análisis de la Varianza para CRECIMIENTO - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTO	35.8934	3	11.6978	63.69	0.0000
B:SUSTRATO	45.4423	1	45.4423	247.42	0.0000
C:SEMANAS	11.1944	6	1.86573	10.16	0.0000
D:REPETICIONES	3.62879	4	0.907196	4.94	0.0008
INTERACCIONES					
AB	11.1409	3	3.71362	20.22	0.0000
AC	7.46307	18	0.414615	2.26	0.0034
AD	14.7098	12	1.22582	6.67	0.0000
BC	13.9512	6	2.3252	12.66	0.0000
BD	4.05379	4	1.01345	5.52	0.0003
CD	0.691714	24	0.0288214	0.16	1.0000
RESIDUOS	36.3656	198	0.183665		
TOTAL (CORREGIDO)	183.735	279			
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.					

En la tabla 3.5 se analiza el ANOVA del crecimiento (cm) de las plantas, el cual descompone la variabilidad de CRECIMIENTO en las contribuciones debidas a varios factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores. Dado que 9 p-valores son inferiores a 0.05, estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en la variable CRECIMIENTO, con un 95.0% de confianza. Esto quiere decir que todos los tratamientos actuaron de forma diferente respecto al crecimiento de las plantas de violeta. El mejor tratamiento fue T0 y el peor T2.

Tabla 3.6 Análisis de interacción de los tratamientos con respecto a la variable crecimiento de las plantas de violeta.

Método: 95.0 porcentaje HSD de Tukey				
TRATAMIENTO	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T2	70	0.105714	0.0512228	X
T1	70	0.498571	0.0512228	X
T3	70	0.69	0.0512228	X
T0	70	1.08857	0.0512228	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
T0 - T1			*0.59	0.187688
T0 - T2			*0.982857	0.187688
T0 - T3			*0.398571	0.187688
T1 - T2			*0.392857	0.187688
T1 - T3			*-0.191429	0.187688
T2 - T3			*-0.584286	0.187688
* indica una diferencia significativa.				

En la tabla 3.6 se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar que las medias son significativamente diferentes unas de otras. La mitad inferior de la salida muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares, indica que éstos muestran diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza 95.0%. En la parte superior, se identifican 4 grupos homogéneos según la alineación del signo X en la columna. Dentro de cada columna, los niveles que tienen signo X forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas.

El método actualmente utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD). Con este método, hay un 5.0% de riesgo de considerar uno o más pares como significativamente diferentes cuando su diferencia real es igual a 0.

Crecimiento de plantas de orquídea

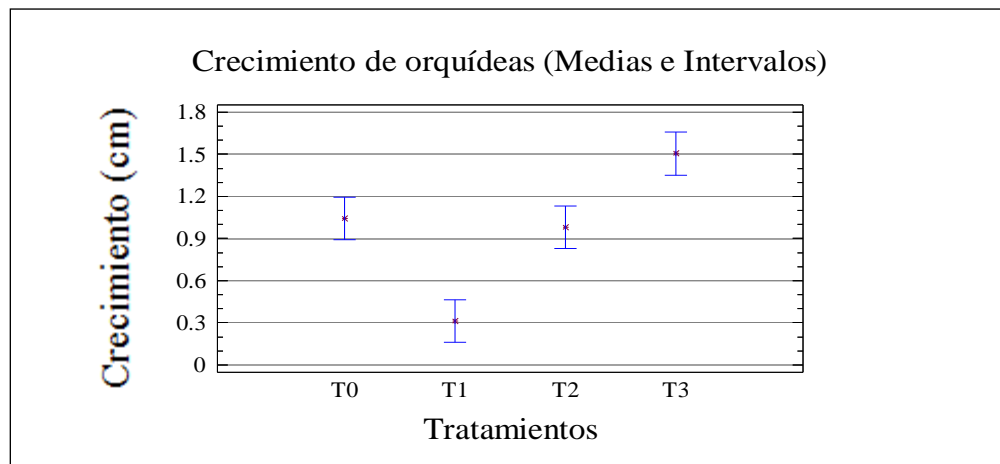


Gráfico 3.15 Medias e Intervalos de crecimiento de plantas de Orquídea (*Cattleya spp.*) en un periodo de 14 semanas, sometidas a diferentes tratamientos y sustratos.

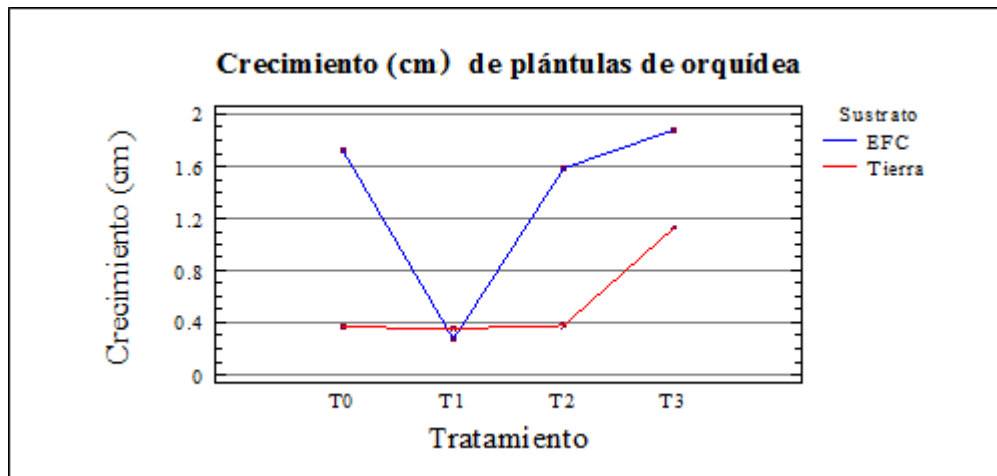


Gráfico 3.16 Gráfico de interacción de la variable crecimiento de plantas de Orquídea (*Cattleya spp.*) en 14 semanas, sometidas a diferentes tratamientos y sustratos.

En los gráficos 3.15 y 3.16 se puede observar que el mejor tratamiento es T3, si embargo los tratamientos T0 y T2 que no presentan significancia estadística también son aceptables. El tratamiento T1, muestra resultados menos favorables con respecto al crecimiento de orquídeas. El mejor sustrato fue espuma floral.

Tabla 3.7 Análisis de la varianza para la variable crecimiento de las plantas de orquídea.

Análisis de la Varianza para CRECIMIENTO - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTO	50.6827	3	16.8942	34.88	0.0000
B:SUSTRATO	45.4826	1	45.4826	93.91	0.0000
C:SEMANAS	12.7108	6	2.11847	4.37	0.0004
D:REPETICIONES	14.0349	4	3.50871	7.24	0.0000
INTERACCIONES					
AB	21.8989	3	7.29963	15.07	0.0000
AC	25.8875	18	1.4382	2.97	0.0001
AD	37.1359	12	3.09465	6.39	0.0000
BC	1.91048	6	0.318414	0.66	0.6841
BD	17.5041	4	4.37602	9.04	0.0000
CD	5.44514	24	0.226881	0.47	0.9847
RESIDUOS	95.8914	198	0.4843		
TOTAL (CORREGIDO)	328.584	279			
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.					

En la tabla 3.7 se muestra el ANOVA para crecimiento de plantas de orquídea. Este descompone la variabilidad de CRECIMIENTO en las contribuciones debidas a varios factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores. Dado que 8 p-valores son inferiores a 0.05, estos factores tienen efecto estadísticamente significativo sobre la variable CRECIMIENTO, con un 95.0% de confianza.

Esto expresa que los tratamientos aplicados actuaron de forma diferente y de igual manera los sustratos. Las interacciones entre los factores demuestran de igual manera la diferencia significativa en este experimento.

Tabla 3.8. Contraste múltiple de rangos de los tratamientos con respecto al crecimiento.

Contraste Múltiple de Rangos para CRECIMIENTO según TRATAMIENTO				

Método: 95.0 porcentaje HSD de Tukey				
TRATAMIENTO	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos

T1	70	0.312857	0.0831779	X
T2	70	0.981429	0.0831779	X
T0	70	1.04357	0.0831779	X
T3	70	1.50571	0.0831779	X

Contraste			Diferencias	+/- Límites

T0 - T1			*0.730714	0.304777
T0 - T2			0.0621429	0.304777
T0 - T3			*-0.462143	0.304777
T1 - T2			*-0.668571	0.304777
T1 - T3			*-1.19286	0.304777
T2 - T3			*-0.524286	0.304777

* indica una diferencia significativa.				

La tabla 3.8 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras. La mitad inferior de la salida muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares, indica que éstos muestran diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza 95.0%. En la parte superior, se identifican 3 grupos homogéneos según la alineación del signo X en la columna. Dentro de cada columna, los niveles que tienen signo X forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. El método actualmente utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD). Con este método, hay un 5.0% de riesgo de considerar uno o más pares como significativamente diferentes cuando su diferencia real es igual a 0.

Se observa que no existe una diferencia no significativa entre los tratamientos T0 y T2, forman un grupo homogéneo. Son semejantes en cuanto a los resultados obtenidos.

3.5 Elaboración de espuma fenólica floral que incorpora sustancias óptimas

A partir de los resultados obtenidos en la determinación de los mejores componentes nutritivos, se determinó que existe una diferencia significativa entre los requerimientos nutricionales necesarios para orquídeas y violetas. Las orquídeas se aclimataron y adaptaron sin ningún problema en el sustrato espuma floral, mientras que en las violetas el mejor sustrato fue tierra.

Debido a esto se procedió a la elaboración de la espuma fenólica floral enriquecida en base a nutrientes más aptos para las plantas de orquídea. Estas se adaptaron mejor con el tratamiento T3 y T2. Se tomó en cuenta que el medio Knudson es exclusivo para orquídeas, por lo que se utilizaron algunos de los reactivos que componen este medio, además se incorporó un inhibidor de etileno, bactericidas y preservantes (Tabla 3.9).

La elaboración de la espuma floral enriquecida obtenida en laboratorio, se basó de acuerdo a los componentes de la espuma floral D (4). Se determinó en primer lugar el peso y volumen obtenido de la espuma floral obtenida en el laboratorio, posteriormente se midió la cantidad de agua que absorbe y se calculó la respectiva cantidad de nutrientes por cada litro de agua que la espuma absorbería.

La elaboración de la misma presentó buenos resultados al momento de su fabricación, al adicionar los nutrientes, preservantes, bactericidas e inhibidor de etileno.

La mezcla de enriquecimiento pulverizada no formó grumos y se disolvió perfectamente en la espuma floral durante el proceso de mezcla, antes del proceso de curado. A partir de aquí las pruebas de comparación, aclimatación y adaptación se realizaron con este soporte floral enriquecido y con la especie especificada (orquídea).

En la tabla 3.9 se detalla la composición de nutrientes (Mix de nutrientes) y cantidad de estos en gramos por gramos de espuma fenólica.

Tabla 3.9 Nutrientes, preservantes, inhibidores de etileno y bactericidas adecuados para el enriquecimiento de la espuma floral. Espinoza, 2010.

Sustancias enriquecedoras	Reactivo	Concentración [g/g espuma]
Nutrientes	Sulfato de zinc	0.000172
	Sulfato de magnesio	0.0074
	Fosfato de potasio	0.005
	Sulfato de hierro	0.0005
	Sulfato de manganeso	0.00015
	Nitrato de calcio	0.02
	Sacarosa	0.6
Preservantes	Citrato de sodio	0.01
	Ácido cítrico	0.0069
Inhibidor de etileno	Nitrato de plata	0.0002
Bactericidas	Sulfato de aluminio	0.0015
	Phyton (polvo)	0.065

3.6 Pruebas de comparación de las espumas florales obtenidas y la espuma OASIS®.

3.6.1 Comparación de las espumas florales obtenidas en el laboratorio y la espuma floral comercial OASIS®.

Se realizaron pruebas de comparación entre las espumas para determinar las diferencias marcadas que existen, en factores como: suavidad, textura, capacidad de absorción de agua, porosidad, color y olor (Tabla 3.2 y 3.3). En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos para la espuma floral enriquecida obtenida en laboratorio y la espuma floral comercial OASIS®.

Tabla 3.10 Comparación de características de la espuma floral enriquecida y la comercial.

Características	Espuma floral enriquecida	Espuma floral OASIS®
Olor	Inodoro	Inodoro
Color	Verde brillante	Verde oscuro
Densidad	0.0255 g/cm ³	0.018 g/cm ³
pH	6.79	7
Porosidad	Muy buena	Excelente
Textura	Arenosa	Arenosa
Capacidad de absorción de agua	20 veces su peso	45 veces su peso
Suavidad	Suave	Semi-Suave
Friabilidad	Friable	Friable
Consistencia	Esponjosa	Dura – esponjosa

Se realizó un análisis comparativo de las espumas obtenidas con la espuma floral OASIS®, para determinar la mejor composición, además, se realizaron pruebas comparativas con cada una de las espumas fenólicas incluyendo la comercial. Estos resultados se muestran en la Tabla 3.2 y Tabla 3.3.

Una vez obtenida la mejor composición (La espuma floral D) se controlaron y midieron parámetros como porcentaje de producción de espuma floral antes del proceso de curado y después de este para determinar el rendimiento de la misma. Se determinó la densidad y el rendimiento de la mejor espuma antes del proceso de curado térmico.

δ_{EF0} = Densidad inicial de la espuma antes del curado.

$$\delta_{EF0} = 0.2852 \text{ g / cm}^3$$

R_{EF} = Porcentaje de rendimiento de la espuma en el proceso de elaboración.

$$R_{EF} \approx 300\%$$

Para determinar el rendimiento de la espuma fenólica más efectiva se procedió a calcular el porcentaje de crecimiento de la misma al momento del proceso de mezcla de los componentes (resina, surfactante, agente de soplado, agente de humectación, tintura, urea y ácido catalizador).

Se calculó el volumen de la mezcla antes y después del proceso de mezclado, para calcular el crecimiento y rendimiento de la espuma fenólica, antes de someterlo a temperatura de curado. Esto debido a que en el proceso de curado a una temperatura de 140°C, esta no presenta crecimiento, solo sufre compactación.

3.6.2 Análisis microscópico de la estructura celular de la espuma floral

Se analizaron microscópicamente cada una de las espumas florales obtenidas con las distintas formulaciones o tratamientos y la espuma floral comercial. El análisis microscópico nos permitió observar la estructura celular de cada una de las espumas florales obtenidas para de este modo poder identificar cuáles son las diferencias entre ellas y como se encuentra establecida y distribuida la estructura de las celdas y las paredes celulares de estas.

A continuación observaremos las micrografías de las espumas florales, incluida la de la espuma floral comercial OASIS® y la estructura celular de la mejor espuma (Composición D).

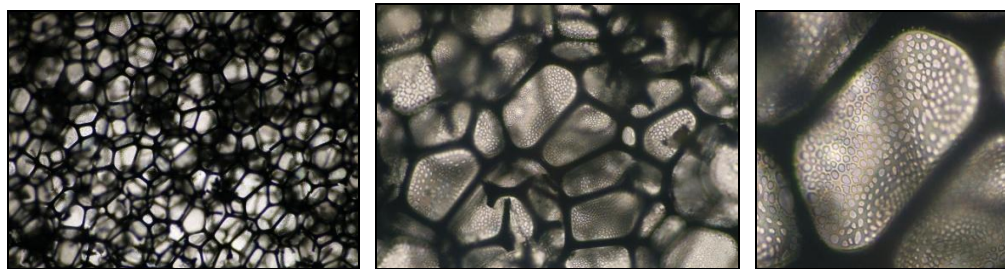


Foto 3.7 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral OASIS®. Obtenidas con un aumento de 4x, 10x y 40x.

En la micrografía 3.7 se observa la estructura celular de la espuma floral OASIS®, la estructura celular presenta celdas hexagonales de distintos tamaños con paredes celulares perforadas o con presencia de poros en toda su área.

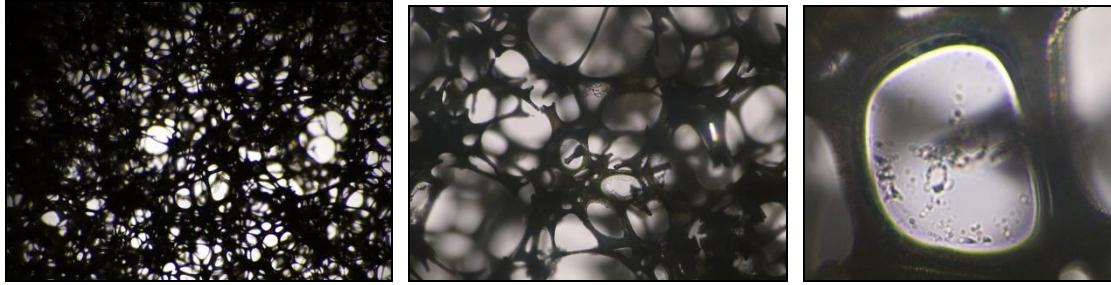


Foto 3.8 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral obtenida con el Tratamiento 1. Tomadas con un aumento de 4x, 10x y 40x.

En las siguientes micrografías se puede observar la estructura celular de la espuma A (1), se puede observar que la estructura celular no está bien definida y la mayoría de las celdas no presenta forma hexagonal o paredes celulares.

Las pocas paredes celulares existentes no muestran gran número de poros.

La foto 3.9 muestra la estructura celular del Tratamiento 2 ó B, encontramos celdas de distintos tamaños, no presentan geometría estructural y las paredes celulares se presentan con rupturas o grietas.

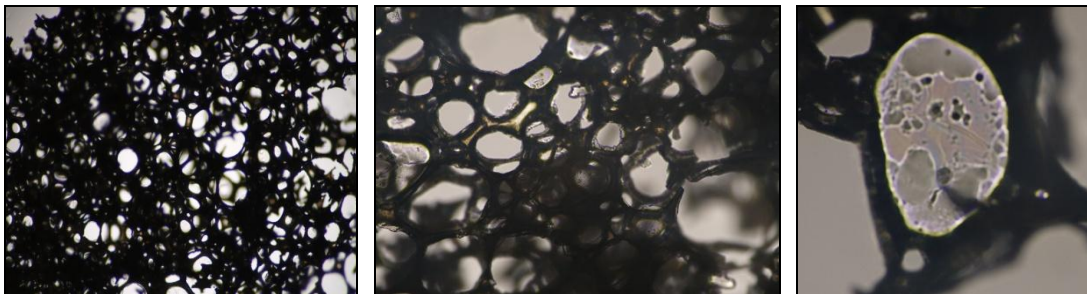


Foto 3.9 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral obtenida con el Tratamiento 2. Tomadas con un aumento de 4x, 10x y 40x.

Se puede apreciar en la foto 3.10 que la estructura celular del tratamiento 3 (C) presenta una red celular dispersa y de distintos tamaños, algunas de las celdas presentaron

forma hexagonal y las paredes celulares presentaron poros de distintos tamaños, en algunas ocasiones las paredes celulares no presentaron poros, o en otros casos no presentaron pared celular.

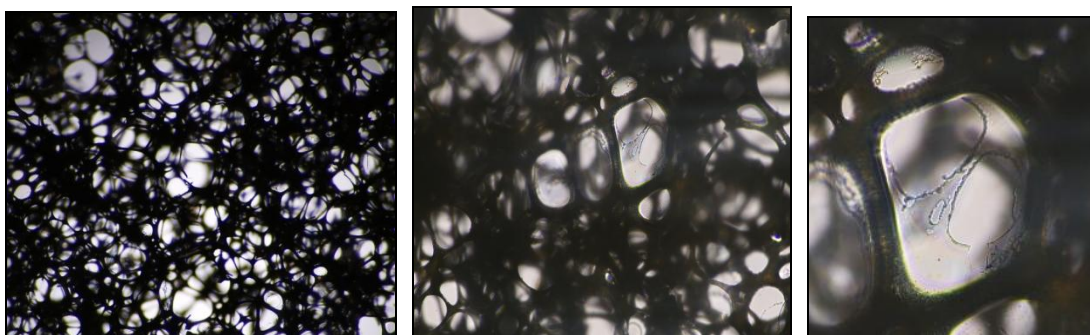


Foto 3.10 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral obtenida con el Tratamiento 3. Tomadas con un aumento de 4x, 10x y 40x.

En la estructura celular del tratamiento 4 (D) se puede observar en la micrografía 3.11 que la mayoría de las celdas presentan forma hexagonal, algunas de estas celdas se encuentran rotas y no presentan pared celular, mientras que otras presentan pared celular con poros pequeños.

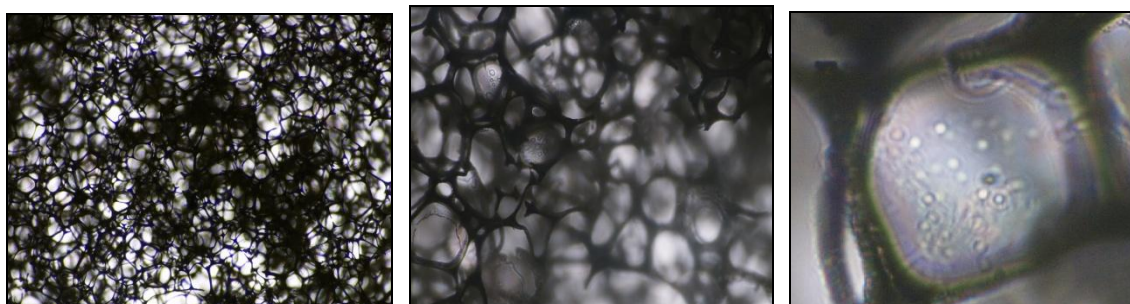


Foto 3.11 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral. Tratamiento 4. Tomadas con un aumento de 4x, 10x y 40x.

En la micrografía del tratamiento 5 (E) se observan celdas alargadas y más delgadas, algunas de ellas presentaron paredes pequeñas y gruesas, las cuales presentaban poros pequeños.

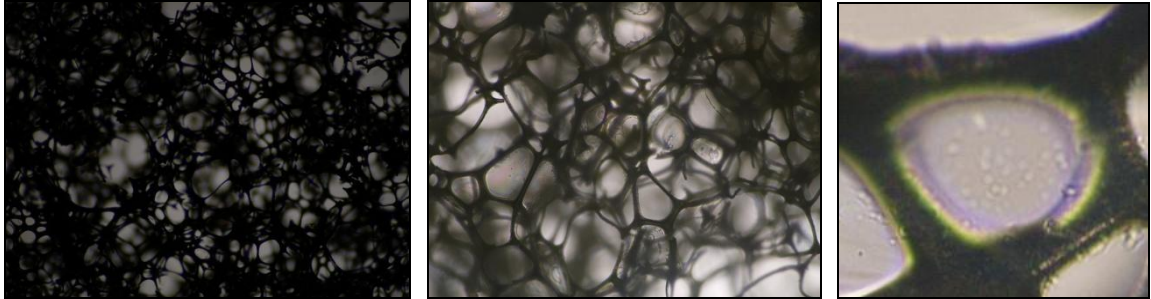


Foto 3.12 Micrografías de la estructura celular de la espuma floral. Tratamiento 5.
Tomadas con un aumento de 4x, 10x y 40x.

Las espumas presentaron celdas y paredes celulares con rupturas o completamente rotas. La mayoría de las celdas presentaron una forma hexagonal.

3.6.3 Pruebas de comparación para analizar la aclimatación, adaptación y longevidad vegetal en los soportes florales (Enriquecido y Comercial)

Una vez obtenida la espuma floral pre-enriquecida con nutrientes, preservantes, inhibidor de etileno y bactericida, se procedió a analizar diferentes características tanto cualitativas como cuantitativas durante la etapa de aclimatación, adaptación y longevidad de las plantas de orquídea, esta etapa tuvo una duración de dos semanas. Los dos soportes fueron mojados con agua destilada.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las características cualitativas y cuantitativas presentadas.

3.6.3.1 Características Cualitativas

- *Color y calidad del explante de las plántulas de orquídeas en el periodo de aclimatación en espuma floral enriquecida y espuma floral comercial.*

El color y la calidad del explante de las orquídeas fueron buenos, las plántulas se adaptaron bien al soporte floral. Durante el inicio de la etapa de aclimatación se procedió, durante los tres primeros días, colocar un vaso plástico para que cubra las plántulas sembradas en soporte floral enriquecido para que de esta forma se disminuya o no se presente el estrés vegetal debido a la disminución de humedad después del estado in Vitro (Foto 3.13).



Foto 3.13 Aclimatación inicial de plántulas de orquídea (*Cattleya spp.*) en espuma floral enriquecida.

- *Daño por microorganismo (presencia en el soporte o en la planta)*

No se presentó daño por microorganismos, ni hongos ni bacterias se presentaron durante la etapa de aclimatación de las plántulas de orquídea y violeta, en los soportes florales EFE (Espuma floral enriquecida) y EFC (Espuma flora comercial) o en las plantas.

La calidad y estado del sustrato, tanto de la espuma floral enriquecida como de la espuma floral comercial fueron excelentes (Foto 3.13 y 3.14), debido al tiempo de aclimatación que fue de dos semanas. Las características de los soportes no cambiaron, a excepción del color, que paso de verde a café, esto debido a la oxidación que sufre la espuma floral, los dos tipos de espuma presentaron cambio de coloración.

Las plántulas presentaron una adaptación no significativa en los dos soportes, tanto el soporte floral enriquecido como la espuma floral comercial, sirvieron de sustrato de crecimiento y aclimatación para las plantas cultivadas en el laboratorio.



A

B

Foto 3.14 Plantas de orquídea (*Cattleya spp.*) sembradas en espuma floral fenólica enriquecida (A) y espuma floral comercial (B).

3.6.3.2 Características Cuantitativas

- *Supervivencia de plantas*

Se determinó que en el periodo correspondiente a la etapa de aclimatación de orquídeas en espuma floral enriquecida y espuma floral comercial (dos semanas), la supervivencia de plántulas fue del ciento por ciento.

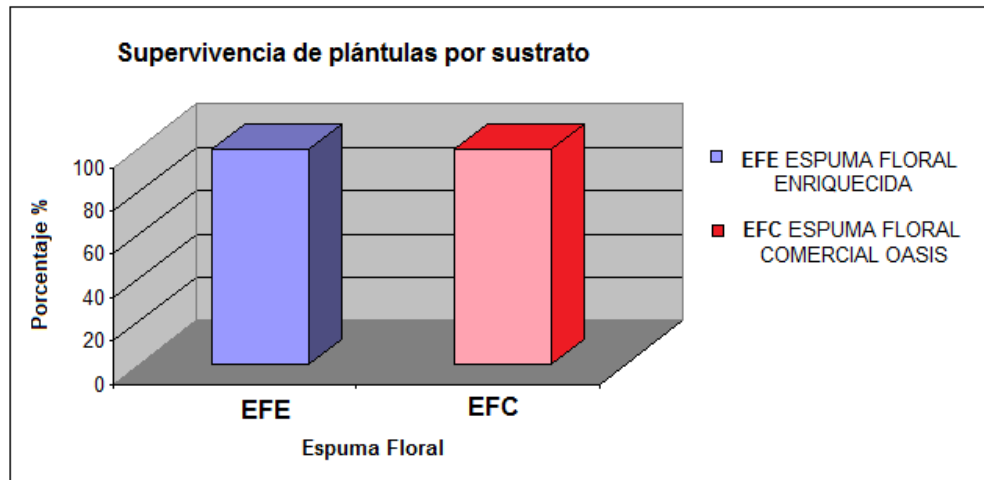


Gráfico 3.17 Supervivencia de plántulas por sustrato durante 2 semanas. EFE (Espuma floral enriquecida) y EFC (Espuma flora comercial)

- *Crecimiento de la plantas*

Al realizar las pruebas de adaptación vegetal en los soportes se determinó que las raíces de las plantas de orquídea se adaptaron exitosamente, la distribución de la espuma floral, la cual se cortó en pedazos de 0.5 cm x 0.5 cm, permitió una excelente aireación de las raíces y facilitó el alargamiento de estas durante el periodo de observación.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con respecto al crecimiento de las plántulas durante 14 días, tanto en espuma floral enriquecida (EFE) como en soporte floral comercial (EFC) Las plántulas presentaron una media de crecimiento promedio de 0.6 mm por día, en el soporte floral enriquecido (EFE), mientras que en el soporte floral comercial (EFC) 0.55 mm promedio por día.

Crecimiento de plantas de orquídea en Espuma floral enriquecida (EFE) y Espuma floral comercial (EFC)

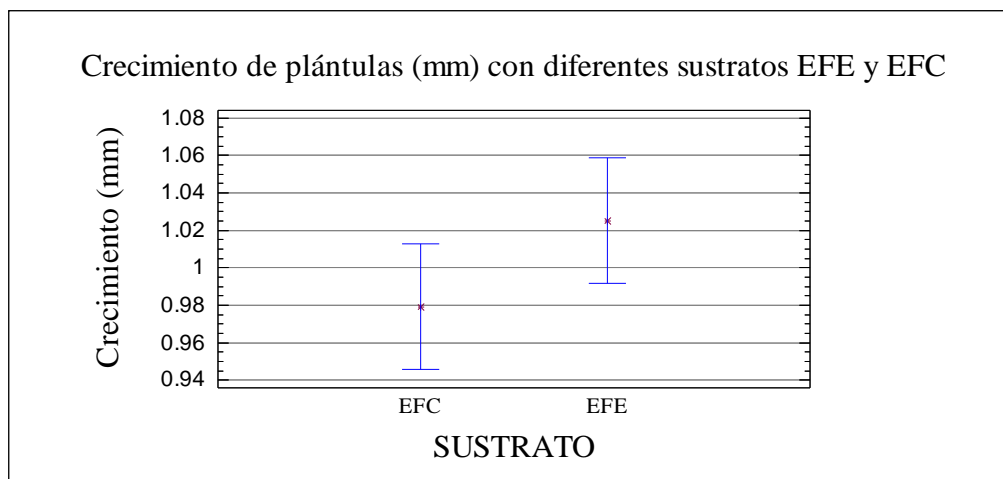


Gráfico 3.18 Medias e Intervalos de crecimiento de plantas de Orquídea (*Cattleya spp.*) en un periodo de 14 semanas, sometidas a sustratos diferentes EFE y EFC.

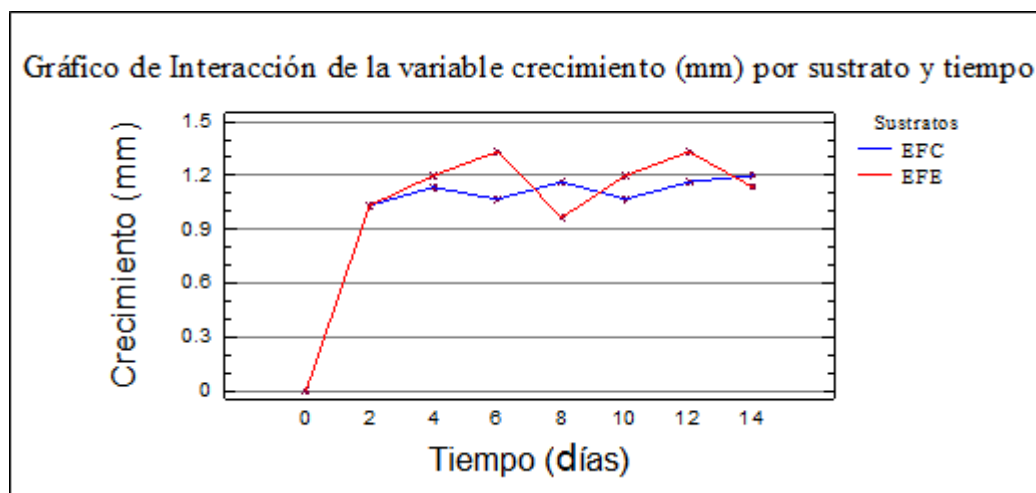


Gráfico 3.19 Gráfico de interacción de la variable crecimiento de plantas de Orquídea (*Cattleya spp.*) en 14 semanas, sometidas a dos sustratos EFE y EFC.

Tabla 3.11 Análisis de la varianza para la variable crecimiento de las plantas de orquídea en los dos soportes EFE y EFC.

Análisis de la Varianza para CRECIMIENTO MM - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:SUSTRATO	0.0252083	1	0.0252083	2.16	0.1642
B:TIEMPO DIAS	7.08812	7	1.01259	86.57	0.0000
C:REPETICIONES	0.540417	2	0.270208	23.10	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.223125	7	0.031875	2.73	0.0523
AC	0.00291667	2	0.00145833	0.12	0.8837
BC	0.34625	14	0.0247321	2.11	0.0868
RESIDUOS	0.16375	14	0.0116964		
TOTAL (CORREGIDO)	8.38979	47			
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.					

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de la variable cuantitativa (Crecimiento mm) en las contribuciones debidas a varios factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores.

Dado que 2 p-valores son inferiores a 0.05, estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en CRECIMIENTO (mm) para un 95.0%.

Tabla 3.12 Contraste múltiple de rangos de los sustratos con respecto al crecimiento.

Contraste Múltiple de Rangos para CRECIMIENTO MM según SUSTRATO				

Método: 95.0 porcentaje HSD de Tukey				
SUSTRATO	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos

EFC	24	0.979167	0.022076	X
EFE	24	1.025	0.022076	X

Contraste			Diferencias	+/- Límites

EFC - EFE			-0.0458333	0.0669609

* indica una diferencia significativa.				

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras. La mitad inferior de la salida muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre ningún par de medias a un nivel de confianza 95.0%. En la parte superior, se identifica un grupo homogéneo según la alineación del signo X en la columna. Los dos soportes, tanto el Espuma floral enriquecida (EFE) como la espuma floral comercial (EFC) no presentan diferencias significativas con la variable crecimiento (mm) de las plántulas de orquídea, lo que quiere decir que los dos soportes son similares.

3.6.4 Consumo de agua

El consumo de agua o evaporación de la misma, en los soportes florales se la determinó a una temperatura ambiente de 22.5°C, las muestras de espuma floral (cubos de 0.5 cm x 0.5 cm) se colocaron en recipientes plásticos dentro de un invernadero y se determinó la pérdida de agua de evaporación en un periodo de 24 horas durante 10 días (tiempo máximo para secado del soporte floral). Los resultados obtenidos mostrados en el Gráfico 3.20 demuestran que el soporte floral obtenido pierde agua de evaporación en un tiempo menor o más rápido que la espuma floral comercial. Se determinó que la espuma

floral obtenida en el laboratorio pierde un porcentaje aproximado de 15% de agua por día, esto, manteniéndose en un invernadero en sombra. A comparación de la espuma floral comercial que pierde aproximadamente 10% de agua por día.

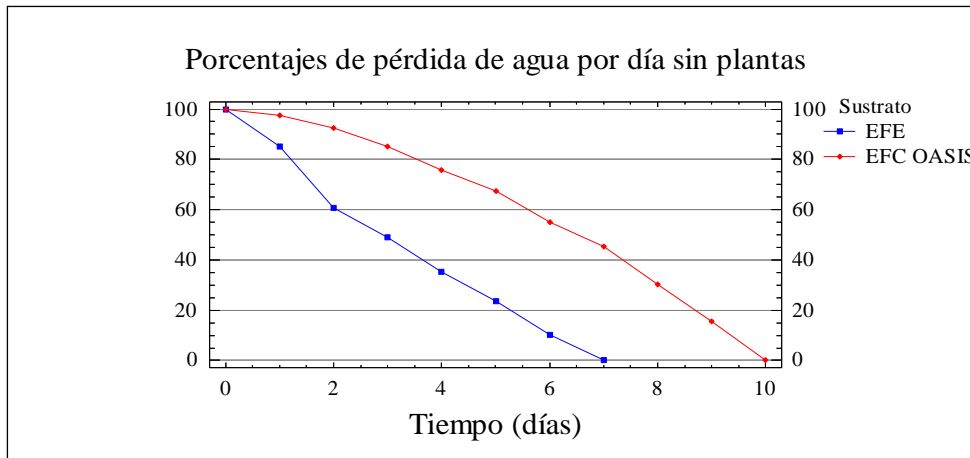


Gráfico 3.20 Porcentaje de pérdida de agua evaporada de los soportes florales sin plantas.

La espuma floral obtenida en el laboratorio pierde el total de agua absorbida en un periodo de 7 días, mientras que la espuma floral comercial se seca completamente en un tiempo de 10 días. Esto se debe a que la estructura de la espuma floral comercial posee celdas más compactas y la mayoría de las paredes celulares no presentan ruptura, mientras que la espuma floral comercial debido al tipo de manufactura a nivel de laboratorio presenta celdas compactas pero un porcentaje de estas no posee una pared celular o presentan rupturas. De tal manera, la evaporación y pérdida de agua del soporte floral enriquecido con nutrientes no representa problemas al momento de aclimatizar plantas, lo recomendable es controlar el tiempo de pérdida de agua y suministrar la misma para que las plantas no sufran estrés hídrico o falta de absorción de nutrientes.

En cuanto al consumo de agua por parte de la planta (orquídea) y pérdida por evaporación en la etapa de aclimatación se obtuvieron los siguientes resultados.

En el gráfico 3.21 se observa el porcentaje de pérdida de agua de los soportes florales con plantas de aclimatación, el consumo de agua por parte de la planta es mínimo, se determinó este consumo hasta el último día de secado del soporte. El porcentaje de pérdida de agua se elevó a 1.2 % más de pérdida por día, lo que nos podría indicar el consumo de agua por parte de la planta, en los dos soportes. El soporte floral enriquecido acortó su tiempo de secado a 6 días. En cambio el soporte floral comercial a un periodo de 9.3 días.

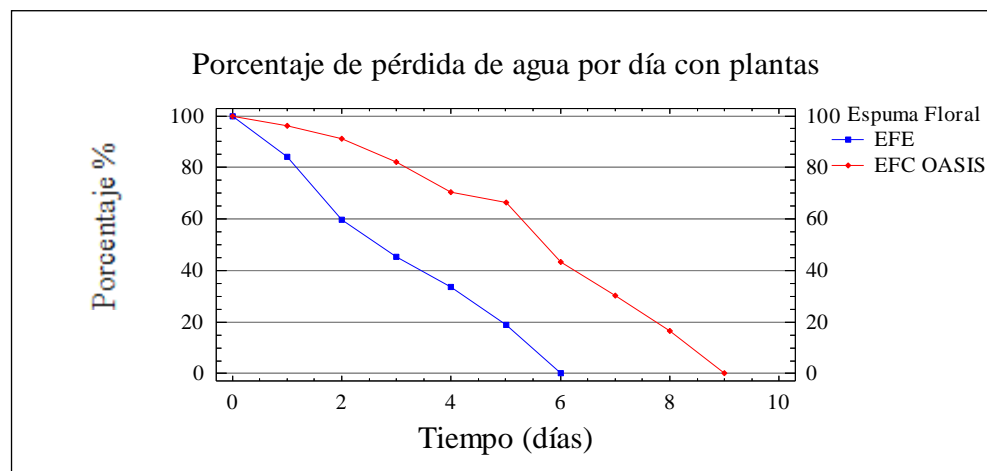


Gráfico 3.21 Porcentaje de pérdida de agua evaporada de los soportes florales con plántulas para aclimatación.

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN

Para la elaboración de espumas fenólicas florales que incorporan nutrientes, preservantes, sustancia inhibidora de etileno y bactericidas, se plantearon cinco procedimientos prioritarios para alcanzar los objetivos planteados: 1) Elaboración de la resina fenólica con características adecuadas para la elaboración de espumas fenólicas. 2) Determinación de la mejor composición para la fabricación a nivel de laboratorio de la espuma fenólica floral. 3) Establecimiento de los componentes nutritivos que se incluirían en la composición de la espuma floral. 4) Elaboración de la espuma fenólica floral enriquecida. 5) Pruebas de comparación entre la espuma fenólica obtenida y una espuma floral comercial, para determinar aclimatación, adaptación y longevidad vegetal de plántulas listas para la etapa de aclimatación.

A continuación se muestran los análisis de los resultados obtenidos en la elaboración de la resina fenólica con características adecuadas para la elaboración de espumas fenólicas.

En lo que respecta a las propiedades de los resoles fenólicos para usar en la elaboración de espumas fenólicas, Iwasaki (1990) reporta una densidad de 1.20 a 1.21 a una temperatura de 20 °C, una viscosidad comprendida entre 3000 a 10000 cP y un rango de pH entre 9.5 y 13.5, el resol fenólico obtenido en el laboratorio reportó una densidad de 1.031 g/cm³, una viscosidad de 2825 cP a temperatura ambiente y un pH de 10.5. El valor de densidad obtenido es menor de lo que sugiere Iwasaki, sin embargo Gardziella (2000) establece que la densidad de este tipo de resinas fenólicas debe ser de 0.9 - 1.25 g/cm³, de igual forma el rango de viscosidad que establece es de 2500-3000 cP. Sin embargo Pilato (1979) estableció que se puede elaborar espuma fenólica floral con resina fenólica que posee una viscosidad comprendida entre 1000 a 2000 cP a temperatura ambiente.

Se logró obtener las propiedades de la resina, al elaborarla a partir de una reacción de condensación con formaldehído y fenol a un rango molar de 2:1. Con un rango molar

menor, no se obtuvo una buena resina fenólica, debido a que no se logró una viscosidad adecuada. El tiempo de reacción fue de 70 minutos y la temperatura de curado que se mantuvo durante todo el proceso fue de 90°C. El tiempo de reacción se modificó del proceso típico de preparación de resoles establecido por Iwasaki (1990), el cual era de tres horas, debido a que se obtenía una resol fenólico sólido y no una resina líquida con una viscosidad deseada.

En cuanto a los resultados de la espuma floral obtenida, se hace el siguiente análisis. Para la obtención de la espuma fenólica floral enriquecida se utilizó un molde abierto y otro cerrado con presión para determinar cómo actúa la espuma durante el proceso de curado térmico (140°C) a distintas condiciones, los resultados demostraron que la espuma obtenida con la composición adecuada en molde abierto, se polimerizó correctamente y se compactó sin crecimiento. La espuma obtenida en molde cerrado a presión se expandió en toda la extensión del molde y se polimerizó resultando como una red expandida sólida y resquebrajante dejando hueco su interior.

En la obtención de la espuma fenólica floral se determinó varios parámetros cuantitativos como cualitativos, entre ellos, capacidad de absorción de agua, pH, densidad, color, friabilidad, etc. (Figura 3.2 y 3.3) Según Iwasaki (1990) las características de las espumas fenólicas difieren de acuerdo a su aplicación, en este caso elaboración de espuma como soporte vegetal. Se determinó que la espuma fenólica enriquecida posee una capacidad de absorción de 20 veces su peso, según Gardziella (2000) un espuma floral debe tener una densidad adecuada y absorber varias veces su peso en agua, entre 20 a 50 veces. (Gráfico 3.4). En cuanto al pH reportado de la espuma fenólica floral obtenida fue de 6.79 (Gráfico 3.5), Smithers (1956) establece que el pH de las espumas florales debe encontrarse entre 5.75 y 6.75, si el pH es menor a este rango las raíces de las plántulas ennegrecerían y suavizarían ocasionando un daño en el sistema radicular de la planta, mientras que un pH mayor del neutral no permitiría una buena absorción de nutrientes. Lo primero se observó con espumas obtenidas en el laboratorio que tenían un pH muy bajo y no adecuado. Según Pilato (1979) las espumas fenólicas preparadas a partir de resoles fenólicos tienen densidades de entre aproximadamente 0.016 a 0.032 g/cm³. La densidad

de la espuma fenólica obtenida en el laboratorio fue de 0.0255 g/cm^3 (Gráfico 3.6) la cual está dentro del rango de densidades.

En la elaboración de la espuma floral se incorporó 0.0002 g. de sustancia inhibidora de etileno (Nitrato de plata), 0.0169 g. de preservantes (Citrato de sodio y ácido cítrico), 0.6332 g. de nutrientes (Sulfato de zinc, sulfato de magnesio, fosfato de potasio, sulfato de hierro, sulfato de manganeso, nitrato de calcio y sacarosa), y 0.0665 g. de bactericidas (Sulfato de aluminio y Phyton) por gramo de espuma antes del curado. La cantidad de las sustancias mencionadas fueron establecidas por varios autores (Tabla 3.9). Pratt (2005) describe la elaboración de una espuma floral mejorada con aditivos para rosas de cultivo donde incluye un bactericida (0.06% - 0.1% del peso total del bloque de espuma), una fragancia (0.5% - 5%) y un alimento para flor cortada (9.6% Y 15%), pero no reporta datos de adaptación de las rosas en estos soportes.

En cuanto a las características de la espuma fenólica floral enriquecida esta presentó una muy buena friabilidad y penetración, lo que permitió una buena adaptación por parte de las plántulas. Exhibió un color apropiado (verde claro) el cual reacciona con el tiempo y se amarillenta, Knop y Pilato (1985) reportan este tipo de características y cambio de coloración en el soporte, debido a la oxidación del mismo. La urea permitió reducir en su totalidad el olor fenólico que se había presentado en las espumas florales obtenidas en previas experimentaciones.

Una de las restricciones más claras observadas en esta investigación para la obtención de espumas fenólicas florales fue el proceso de manufactura de la espuma fenólica, debido a que la elaboración de esta se realizó en laboratorio y no a nivel industrial como se elabora la espuma fenólica floral comercial, esto fue un inconveniente para no alcanzar una similitud proporcional respecto a la estructura celular y la mayoría de las características propias de la espuma floral comercial. Sin embargo la espuma fenólica floral enriquecida, presentó muy buenas propiedades para la adaptación de plantas de orquídea en la etapa de aclimatación de estas. La principal diferencia que existe en cuanto al proceso de obtención de espumas florales es los volúmenes utilizados a nivel industrial

comparados con los de laboratorio. A nivel industrial se utiliza fluorocarbonos como agente de soplado, estos son más eficaces en el proceso de espumado como lo establecen Gardziella e Iwasaki. Además para la elaboración de espumas fenólicas se han establecido y mejorado procesos a lo largo de muchos años, al igual que las formulaciones para la elaboración de espumas florales, las cuales son estrictamente reservadas y poco difundidas.

Uno de los principales problemas en la elaboración de las espumas fenólicas fue la ruptura de las células. Carlson et al. (1985) dicen que la ruptura causa una inmediata pérdida de agente de soplado debido a que este se pierde antes de que las células estén lo suficientemente formadas como para entrarlo. La ruptura de las paredes celulares también afectó la fuerza, la textura, la capacidad de absorción de agua y otras propiedades de la espumas fenólicas.

En la espuma fenólica floral se presenciaron paredes celulares rotas. Las células de la espuma fenólica poseen pequeñas perforaciones en las paredes celulares, estas pequeñas perforaciones permiten al agente de soplado salir y reemplazarlo con aire una vez que este curado. Las pequeñas perforaciones también permiten a la espuma fenólica absorber agua. Carlson et al. (1985) cree que estas perforaciones son causadas por agua que está presente en la composición de la espuma fenólica, particularmente el catalizador. Otro problema es la ruptura de las paredes celulares debido a que son muy delgadas. Se trató de minimizar el agua presente en la composición de la espuma usando el catalizador sólido y no en solución y usando tintura en polvo verde y no líquida como se usaba en un inicio.

Carlson et al. (1985) presentó un análisis de microfotografías de las redes y estructura celular que forman las espumas fenólicas, donde se pueden observar resultados similares a los obtenidos durante la fabricación de espumas fenólicas en el laboratorio. De estas espumas se realizó un análisis diferencial microscópico de las espumas fenólicas obtenidas y de la comercial, para diferenciar las características estructurales de las espumas (Fotos. 3.7 – 3.12), donde se aprecian claramente las diferencias entre las celdas y las paredes celulares, algunas rotas y otras con presencia de perforaciones. También se aprecia que la mayoría de celdas presentan forma hexagonal.

En cuanto al análisis diferencial entre la espuma comercial y la espuma fenólica floral enriquecida se aprecia claramente que existe una diferencia significativa en cuanto a conformación estructural, se aprecia que las celdas de la EFC (Espuma floral comercial) poseen en su mayoría paredes celulares con gran número de perforaciones, mientras que la espuma EFE (Espuma floral enriquecida) presenta un número bajo de perforaciones o ausencia de estas, muchos son los factores que pueden presentarse con respecto a la estructura obtenida en la EFE, varios de estos son: la elaboración de la resina, incompatibilidad mínima de los componentes, el mecanismo de mezcla y curado térmico, este último es el más importante, debido a que no se puede comparar en su totalidad una espuma floral obtenida a nivel industrial y con procesos de manufactura óptimos con una espuma fenólica floral obtenida a nivel de laboratorio. Sin embargo los resultados obtenidos fueron muy buenos y se acercan a lo deseado.

En cuanto a los procedimientos que se realizaron para determinar los mejores componentes nutritivos para la espuma a elaborarse el análisis de los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Se determinó por medio de experimentación la adaptación de plántulas de orquídea y violeta en espuma floral y tierra, con la utilización de 3 medios nutritivos establecidos y un control (agua destilada) en un periodo determinado, los resultados demostraron que las plantas de violeta no se adaptaron tan exitosamente al sustrato de espuma floral comercial como lo hicieron las orquídeas. Se han reportado estudios donde las plantas se adaptan al sustrato espuma floral mezclado con tierra u otras sustancias, este el caso de plantas de Anthurium (Anthura, 1998) cultivadas en espuma floral comercial y regada con fertilizantes. Las violetas se adaptaron mejor a tierra, el tratamiento que comprendía medio Knudson y espuma floral comercial fueron los mejores tratamientos y los más aceptados por las orquídeas durante la etapa de aclimatación, esto se puede explicar debido a que este medio es exclusivo para el establecimiento in Vitro de plantas de orquídea, además las orquídeas se adaptaron mejor al sustrato espuma floral ya que este sustrato permitió buena aireación de las raíces y crecimiento de las mismas. Se realizó el

mix de nutrientes (Tabla 3.9) en base a los resultados obtenidos en esta experimentación y aditivos recomendados por otros autores.

Todo lo que respecta a los resultados obtenidos de las pruebas de comparación para analizar la aclimatación, adaptación y longevidad vegetal en los soportes florales (Enriquecido y Comercial) se analizan a continuación. No se han reportado resultados acerca de aclimatación de plántulas de orquídea en sustratos como espuma floral, sin embargo, Córdova (2003) reportó el crecimiento, coloración de explantes, porcentaje de sobrevivencia y apariencia de vitroplantas de orquídea *Rhyncholaelia digbyana*, con diferentes sustratos durante la etapa de aclimatación de estas. Córdova (2003) reporta un porcentaje de sobrevivencia de 81% en el sustrato corteza de pino durante un mes y medio de aclimatación; el mayor incremento de altura de las plantas lo reportó con el sustrato aserrín descompuesto (mejor tratamiento) obteniendo un crecimiento promedio de 0.69 mm por día. Respecto al color y apariencia de las plantas la mayoría usadas con los diferentes sustratos mostraron resultados muy buenos.

El porcentaje de supervivencia de plantas usando EFE (Espuma floral enriquecida) y EFC (Espuma floral comercial) durante un periodo de aclimatación de 14 días fue del 100% (Gráfico 3.17). Las plantas presentaron buena apariencia y la calidad de los explantes fue muy buena. Respecto al crecimiento de las plántulas se reportó un crecimiento de 0.6 mm por día para EFE y de 0.55 mm por día para EFC. Córdova (2003) reportó un porcentaje de supervivencia de 84.6 % en aserrín descompuesto y corteza de pino (mejores tratamientos) y un crecimiento de aproximadamente 0.733 mm por día en la especie de orquídea *Rhyncholaelia digbyana*. Los resultados comparados con Córdova (2003) nos dice que en cuanto a supervivencia y crecimiento de plantas el EFE fue muy bueno, las especies usadas son diferentes y los índices de crecimiento también, por lo cual se aceptan los resultados.

En la tabla 3.11 se puede apreciar el Anova para la variable crecimiento de plántulas en dos sustratos diferentes EFE (Espuma floral enriquecida) y EFC (Espuma floral comercial), esta nos dice que no existe significancia entre los dos sustratos, estos son

similares, sin embargo el crecimiento alcanzado por día de las plántulas es mayor en 0.05 mm uno respecto al otro, obteniendo así que el soporte enriquecido sí beneficia a la planta gracias a los nutrientes, preservantes, inhibidor de etileno y bactericidas que hay en este.

Referente al consumo o pérdida de agua en el soporte floral Smithers (1956) dice que el soporte floral comercial EFC se seca completamente en un periodo comprendido entre 8 a 10 días, esto se comprobó al momento de comparar las dos espumas florales EFE y EFC, en los gráficos 3.20 y 3.21 se observan los resultados, la pérdida de agua o evaporación de la misma es más rápida en EFE 7 días, mientras que en EFC la pérdida de agua total se da a los 10 días. Esto se puede ratificar debido a que la mayoría de poros presentes en EFC son abiertos y con paredes celulares perforadas que permiten más retención de agua y entrapamiento de esta por más días. La evaporación de agua es mayor en EFE debido a que posee poros rotos y algunas de las paredes celulares no se presentan. Los resultados de consumo de agua y evaporación de la misma no difieren mucho de los anteriores, aquí se determinó que las plántulas consumen 1.2 % del agua suministrada en los soportes, este dato no podría concretarse y afirmarse completamente ya que varios autores (Anthura, 1998; López et al., 2008; Córdova, 2003) ratifican que el consumo de agua por parte de las plantas es impredecible. En EFE el agua se consume y evapora totalmente en 6 días y en EFC 9.3 días.

La obtención de la espuma fenólica con molde abierto presentó mejores resultados que el proceso realizado en molde cerrado a presión. Según Iwasaki el proceso de espumado para espumas fenólicas por el método de molde cerrado es complicado de usar por lo cual en la mayoría de casos se lo realiza por el método del molde abierto. Sin embargo si se ha logrado obtener espumas fenólicas por el método de molde cerrado. Cuando se utilizó el molde cerrado a presión la espuma obtenida se expandió totalmente por los bordes del molde, dejando su interior hueco, esto se pudo originar debido a que el gas de soplado se acumuló y se expandió dentro del molde provocando la expansión desordenada del polímero.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Se elaboraron espumas florales fenólicas que incorporan nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas específicos para la conservación prolongada de plantas obtenidas en el laboratorio mediante cultivo in Vitro.

Se determinó la composición química para la elaboración de espumas fenólicas florales que poseen características apropiadas para utilizarse como soportes vegetales. Se utilizó una resina fenol-formaldehído con un rango molar de 2:1, la cual es el componente principal de la espuma fenólica, éter de petróleo como agente de soplado, ácido sulfónico como ácido catalizador, texapón como agente humectante, tween como surfactante y urea como agente inhibidor del olor fenólico.

Los parámetros óptimos establecidos fueron, temperatura (90°C), pH (9-10), tiempo de reacción (70 minutos) y velocidad de mezclado (1500 rpm), basándose en datos determinados por *Iwasaki (1990)*, los cuales juegan un papel muy importante en la elaboración de la resina fenólica, compuesto principal de la espuma floral. La estandarización óptima de todos los parámetros durante el proceso permite obtener una resina adecuada para la elaboración de espumas florales.

Se determinó que la viscosidad obtenida de la resina es una característica clave para que la elaboración de la espuma floral sea exitosa. La viscosidad debe presentarse en un rango de 2500-3000 mPa.s para obtener un buen espumado. La viscosidad obtenida fue de 2825 mPa.s.

En el proceso de elaboración de la resina, la viscosidad aumenta proporcionalmente en relación al tiempo de reacción, a una temperatura constante de reacción que era de 90 °C, y cambios de coloración de la resina a lo largo del proceso.

La composición y cantidad de nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas adicionados a la espuma floral fenólica, permitieron una buena adaptación, crecimiento y fijación de las plantas sometidas a estudio, en la realización de pruebas de comparación de los soportes florales obtenidos con espumas florales marca [®]OASIS, se determinó que los dos soportes son aptos para ser usados como sustrato artificial de plantas debido a que las raíces de las plantas usadas en la etapa de aclimatación y después de esta, se adaptaron exitosamente a estos dos sustratos.

El sistema radicular de las orquídeas (raíces epífitas) se adaptó exitosamente a la espuma fenólica floral enriquecida, observándose inserción y fijación de las raíces en el sustrato.

La utilización de un molde adecuado (abierto) que presente características como resistencia al calor, facilidad de desprendimiento y que evite corrosión, permitió la obtención de una espuma fenólica floral con características apropiadas para su uso como sustrato artificial.

El porcentaje de supervivencia de orquídeas (*Cattleya spp.*) es mayor al de violetas (*Saintpaulia ionantha*) en la etapa de aclimatación realizada para determinar los nutrientes. Debido a que en la fase inicial de esta etapa, las raíces de las orquídeas presentan mayor área de contacto con la espuma floral, lo cual permite que la planta tenga mayor absorción de nutrientes; mientras que las raicillas de las violetas, debido a su distribución, tamaño y grosor, presentan un área de contacto menor con la espuma floral, lo cual ocasiona que algunas plantas no absorban los nutrientes necesarios y no presenten un desarrollo normal.

La utilización de soluciones de riego enriquecidas en exceso no permiten que la planta se desarrolle normalmente, pueden causar graves daños fisiológicos o muerte del material vegetal debido a exceso de nutrientes o contaminación con hongos o bacterias.

El tratamiento T3 (Medio Multiflor) fue el que presentó mejores resultados, sin embargo los tratamientos T0 (Agua destilada) y T2 (Medio Knudson) al igual que la espuma floral comercial, también son beneficiosos y aptos para el crecimiento de plantas en la etapa de aclimatación.

No existen diferencias significativas entre los soportes florales EFE (Espuma floral enriquecida) y EFC (Espuma floral comercial). Los dos son aptos para la aclimatación, crecimiento y adaptación de plántulas.

CAPÍTULO 6

RECOMENDACIONES

En la etapa de aclimatación usar plantas obtenidas in Vitro que muestren una madurez radicular adecuada tanto de violetas como de orquídeas, para evitar que se produzca un daño vegetal o muerte en el inicio de la etapa de aclimatación, a consecuencia de la falta de inserción radicular y absorción de nutrientes en la espuma.

Determinar cuál va a ser la molaridad escogida de cada uno de los reactantes al momento de elaborar la resina fenólica para obtener un radio molar de 2:1. Se recomienda utilizar soluciones de molaridad alta, tanto con el formaldehído como con el fenol, ya que al usar molaridades menores, la resina no va a tener las características apropiadas para el uso en la elaboración de espumas fenólicas.

Manejar tiempos y temperaturas precisas y establecidas durante la elaboración de la resina, ya que si se exceden estos parámetros no se obtendrá una viscosidad y características adecuadas propias de la resina para elaborar espumas fenólicas. Si el proceso de polimerización se descontrola se obtendrán resinas sólidas. Se exhorta en controlar la viscosidad por tiempos.

Aumentar el tiempo de mezclado de los componentes de la espuma fenólica floral previo al proceso de curado. Una mezcla óptima permitirá obtener una espuma más uniforme, compacta y cuyos elementos se encuentren en total dispersión. Además, se debe tener en cuenta que las asas del equipo de mezcla sean las adecuadas para obtener una mezcla espumosa, de caso contrario se puede obtener una mezcla muy compacta.

Utilizar para la coloración de la espuma floral, un colorante en polvo y no tintura verde líquida, ya que esta posee en su composición demasiada agua, lo cual favorecería a la ruptura excesiva de las paredes celulares en la espuma fenólica.

Es importante que una vez mezclados todos los componentes de la espuma floral se viertan inmediatamente en el molde y este se introduzca en una estufa para evitar la pérdida de agente de soplado, el cual es muy volátil y de esta forma permitir que la espuma contenga mayor número de celdas formadas en su composición.

Es primordial en la elaboración de la espuma fenólica floral utilizar un molde apropiado para el proceso de curado, el molde debe soportar una presión interna alta y evitar que se produzcan fugas. Lo adecuado es usar moldes de aluminio o acero abiertos que resistan la presión ejercida por la espuma al momento de la expansión de la misma.

La composición de nutrientes que se incorporaran en la espuma fenólica floral no debe ser demasiado alta, debido que se originaría una contaminación acelerada de la espuma y de la planta. Además, la planta se sometería a una nutrición excesiva, lo cual causaría problemas fisiológicos o muerte de la misma.

Mantener el invernadero durante la etapa inicial de aclimatación en un lugar que permita un ambiente fresco y que no esté sometido a radiación solar directa o temperaturas excesivas durante el día, y que por la noche mantenga una temperatura estable alrededor de 20 ± 2 °C. Para aminorar el estrés al que se ve sometido la planta durante esta etapa.

Establecer un periodo determinado de riego en las plantas que se encuentran en etapa de aclimatación con espuma floral enriquecida, se debe establecer la cantidad de

agua a suministrarse en la espuma para evitar que la planta se pudra por exceso de agua y humedad, o que se deshidrate por ausencia de agua debido a rápida evaporación.

Es estrictamente recomendable usar implementos de protección al momento de elaborar la resina fenólica. Tanto el formaldehído como el fenol, los componentes principales de la resina son volátiles, tóxicos y peligrosos. Gafas protectoras, guantes, mandil adecuado y mascarilla con filtro ayudarán con la prevención de cualquier tipo de accidente, quemaduras, ingestión, etc.

Sería conveniente utilizar la espuma fenólica floral enriquecida con rosas para determinar si estas se adaptan mejor que en soportes florales normales y si el tiempo de vida floral se extiende, debido a que en la composición de la espuma obtenida se tiene un inhibidor de etileno, el cual inhabilitaría que la flor de corte tenga un periodo de vida corto como normalmente lo tiene.

Se podrían realizar más ensayos para la elaboración de espumas fenólicas con la utilización de compuestos alternativos, citados por diferentes autores, y de esta forma obtener soportes florales con mejores o diferentes características a las presentadas en este estudio. Se puede utilizar pentano como agente de espumado, resina fenol-formaldehído comercial y ácido sulfónico sulfonado como ácido catalizador.

Se sugiere que se consideren los parámetros y metodología del presente proyecto para realizar a futuro más estudios acerca de la producción de resinas fenólicas y espumas fenólicas florales, debido a que en nuestro país este tema no ha sido abarcado, y que de esta forma se propongan nuevas investigaciones y aplicaciones a nivel de laboratorio e industrial, como optimizar tiempos de reacción y mejoramiento de la fórmula obtenida.

CAPÍTULO 7

BIBLIOGRAFÍA

Anthura. (1998). Guía de cultivo del Anthurium. Pág. 5.

Arboleda, P. (1993). Principios fundamentales de la postcosecha de flores. En: Tercer Seminario Técnico de Floricultura/EXPOFLOR 93. 11-14 de junio. Huixquilucan, Estado de México, México. p. 44.

*Arévalo, L., Bautista, B., Veloz, C. & Martínez, T. (2008). Almacenamiento refrigerado y aplicaciones de 1-Metilciclopropeno (1-MCP) en frutos de Chicozapote (*Manilkara sapota* (L.) P. Royen). *Agrociencia*, ISSN 1405-3195, Vol. 41, N° 4, 2007, p. 469*

Benavides, C. (2002). Quitina y quitosano: los polímeros del futuro. División de comunicaciones SENA-Dirección general, Bogotá. pp. 12-13.

*Bolívar, P. (1999). Effect of pre- and postharvest treatments on flower longevity of 'Ariana' cut roses. En: *Acta Horticulturae*. Vol. 482; p. 87.*

Carlson, J., Kifer, E., Wojtyna, V. & Colton, J. (1985). Phenol Formaldehyde Resoles for Making Phenolic Foam, United States Patent (expired). Patent Number: 4539338.

Córdova, J. (2003). *Evaluación de seis sustratos y Mycoral durante la aclimatación de vitroplántulas de la orquídea Rhyncholaelia digbyana*. Universidad Zamorano. Carrera de Ciencia y Producción agropecuaria. Págs.13 – 17.

Durkin, D.J. (1999). *Effect of Millipore filtration, citric acid, and sucrose on peduncle water potential of cut rose flower*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 860-863.

Finch, C., Rademacher, W., Helpert, C., Callon, M. & Von Amsberg, H. (2003). *Aminoetoxivinilglicina en combinación con cloruro de mepiquat*. *J. k 11 Número de publicación: 2 179 961*. España.

Gardziella, A., Pilato, L. & Knop, A. (2000). *Resinas Fenólicas: Química, Aplicaciones, Estandarización, Seguridad y Ecología, Segunda edición*, Editorial Springer. pp. 235-250.

Han, S. (2000). *Understanding ethylene and ethylbloc*. En: *The Cut Flowers Quarterly*. Vol.12, No. 3; pp. 37-38.

Iwasaki, K.(1990). *Phenolic foams: Technical Handbook of Foamed Plastics*. Edited by K. Iwasaki, Joho-Kaihatsu Ltd., Japan. pp. 169-196.

Knop, A. and Pilato, L. (1985). *Phenolic Resins.. Springer – Verlag. Berlín*. 186-192

Ledderer, L. & Manasse, O. (1984). *Phenolic Foam Chemistry*, 50, p. 223. Berlin.

López, D., Neisa, P., Bacca, C., Flórez V. (2008). *Evaluación de preservantes florales en la poscosecha de tres variedades de clavel estándar*. Agron.colomb. vol.26 no.1 Fecha de recepción: noviembre 11 de 2007. Publicación: abril 9 de 2008. Universidad Nacional de Colombia. Bogota -Colombia. p. 36.

Marschner, H. (2002). *Mineral nutrition of higher plants*. 2ed. London: Academic Press. p. 889.

Mayak, S. & Halevy, A. (1972). *Interrelationships of ethylene and abscisic acid in the control of rose petal senescence*. Plant Physiol. 50, pp. 341-346.

Mayr, E., 1998. *Así es la Biología*. Editorial Debate, Madrid. Pág. 85.

Nowak, J., & Rudnicki, R. (1990). *Postharvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist Greens and Potted Plants*. Timber Press, Inc., Oregon, USA. p. 210.

Paulin, A. (1992). *New strategies to control cut flowers senescence evolution*. En: Acta Horticulturae. Vol. 307; p. 189- 202.

Peralvo, D. (2008). *Importancia de la nutrición vegetal*. Agrytec.com, Agronegocios y Tecnología en la Red. Editora Agrytec.com. 17 de julio de 2008.

Pilato, L. (1979). *Floral Foam product and method of producing the same which incorporates a flower preservative*, Bound Brook, NJ. United States.

Poljanšek, I. & Krajnc, M. (2005). Characterization of Phenol-Formaldehyde Prepolymer Resins, Scientific Paper, Acta Chim. Slov., 52, pp. 238–244.

Raven, P., Evert, R. & Eichhorn, S. (2007). Biología Vegetal, séptima Ed., Francia. p. 85.

Reid, M.S. & Dodge, L. (2007). Clavel. Department of Environmental Horticulture. University of California, Davis.

Reyes, A., Estrada, A. & Rodríguez, E., (2003). Evaluación de Aminoethoxyvinyl Glycine (AVG) como promotor de vida de florero en rosa (Rosa sp). Pág. 266 -267

Salisbury, F. & Ross, C. (1994). Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamericana. México. pp.759 – 780.

Shepherd, R., Reader, S. & Falshaw, A. (1997). Chitosan functional properties. Glycoconjugate J. 14, pp. 535-542.

Smithers, V. (1956). Absorbent material for floral arrangements. Ohio-United States. Patent Number 2753277.

Soberón, J., Quiroga, N., Sampietro, R. & Vattuone, A., 2005. CITOQUININAS. Cátedra de Fitoquímica. Instituto de Estudios Vegetales “Dr. A.R. Sampietro”. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán. Argentina

Srivastava, L. (2002). Crecimiento y desarrollo de las Plantas: hormonas y ambiente. Amsterdam: Academic Press. pp. 140.

Staby, G., Basel, R., Reid M. & Dodge, L. (1993). Efficacies of commercial anti-ethylene products for fresh cut flowers. HortTechnol. 3(2), p. 199.

Starskey, K. & Pedersen, A. (1997). Increased levels of calcium in the nutrient solution improves the postharvest life of potted roses. En: Journal of the American Society for Horticultural Science. Vol. 122, No.6; p. 863-864.

Stead, A. (1997). Abscission of flowers and floral parts. En: Journal of Experimental Botany. Vol. 48, No. 309; p. 821-837.

Suttle, J. & Kende H. (1980). Ethylene action and loss of membrane integrity during petal senescence in Tradescantia. Plant Physiol. 65, pp. 1067-1072.

Taíz, L., & Zeiger, E. (2006). Fisiología Vegetal. Editorial Castelló de la Plana, III edición, IV serie, Madrid-España. p. 991- 998.

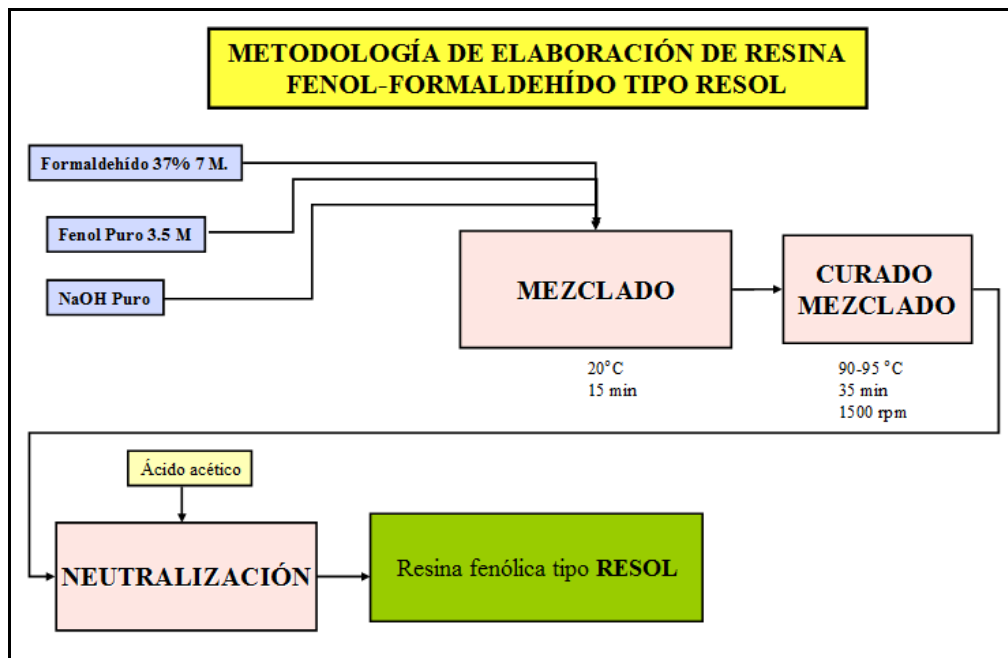
Van Dorn, W. (1997). Water relations of cut flowers. En: Horticultural Reviews. Vol. 18; p. 1-85.

Verdugo, G., Araneda, I. & Riffo, M. (2003). Efecto de inhibidores de etileno en postcosecha de flores cortadas de Lilium. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Cien. Inv. Agr. 30 (2): 89-95. 2003

Yang, S. (1985). Regulation of ethylene biosynthesis. HortScience 15, p. 238.

ANEXOS

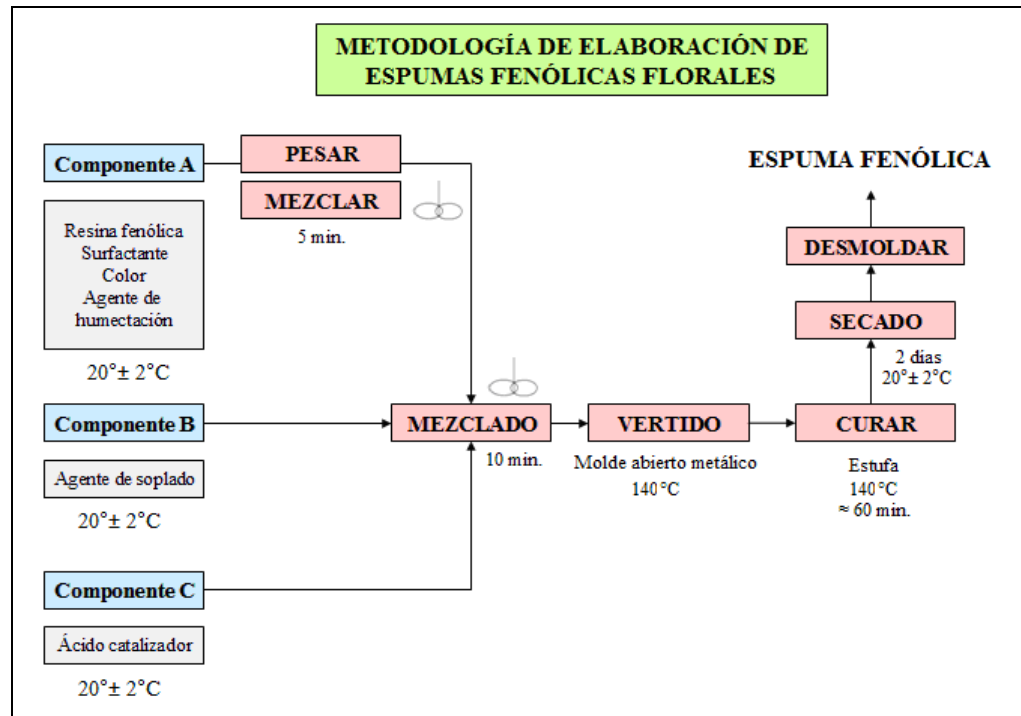
Anexo 1. Metodología usada para la elaboración de resinas fenólicas.



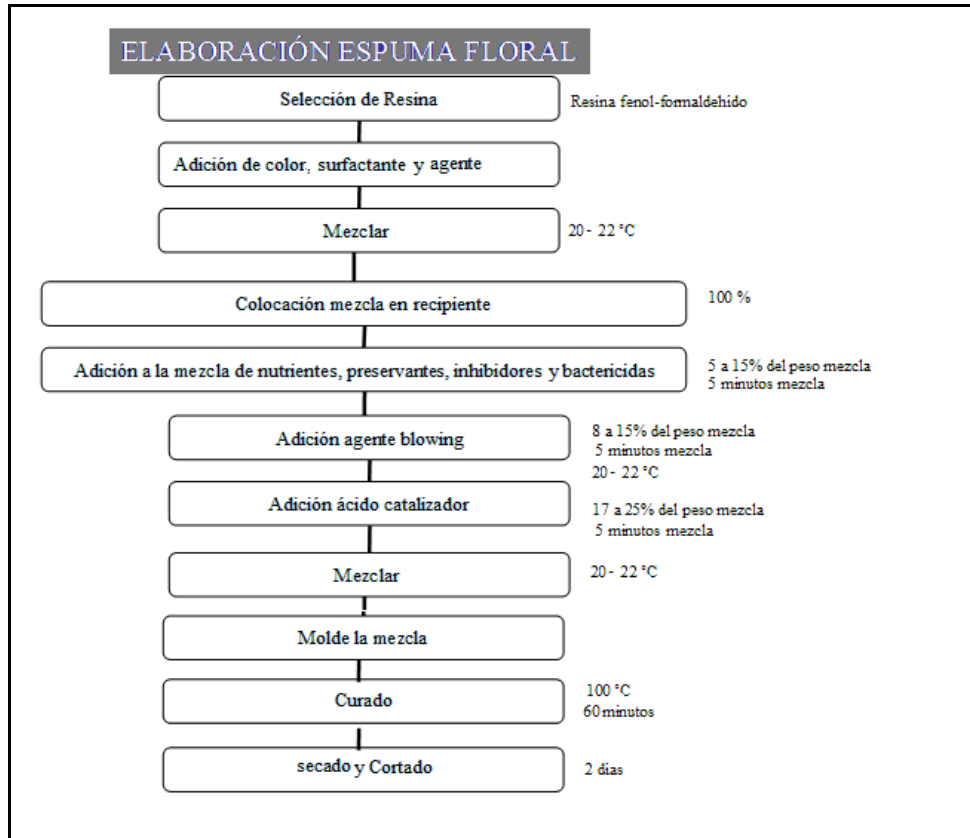
Anexo 2. Composición de la espuma floral (Pilato, 1979).

COMPOSICION ESPUMA FLORAL	
Compuesto	%
Resina Fenol formaldehído	76 - 83
Surfactante tween 40 o 60	3 a 4
Agente de humectación N25	3 a 4
Agente de soplado	4 a 5
Urea	1
Catalizador ácido fenol sulfo	4 a 5
Color	0.5

Anexo 3. Esquema de elaboración de espumas florales. Espinoza, 2010.

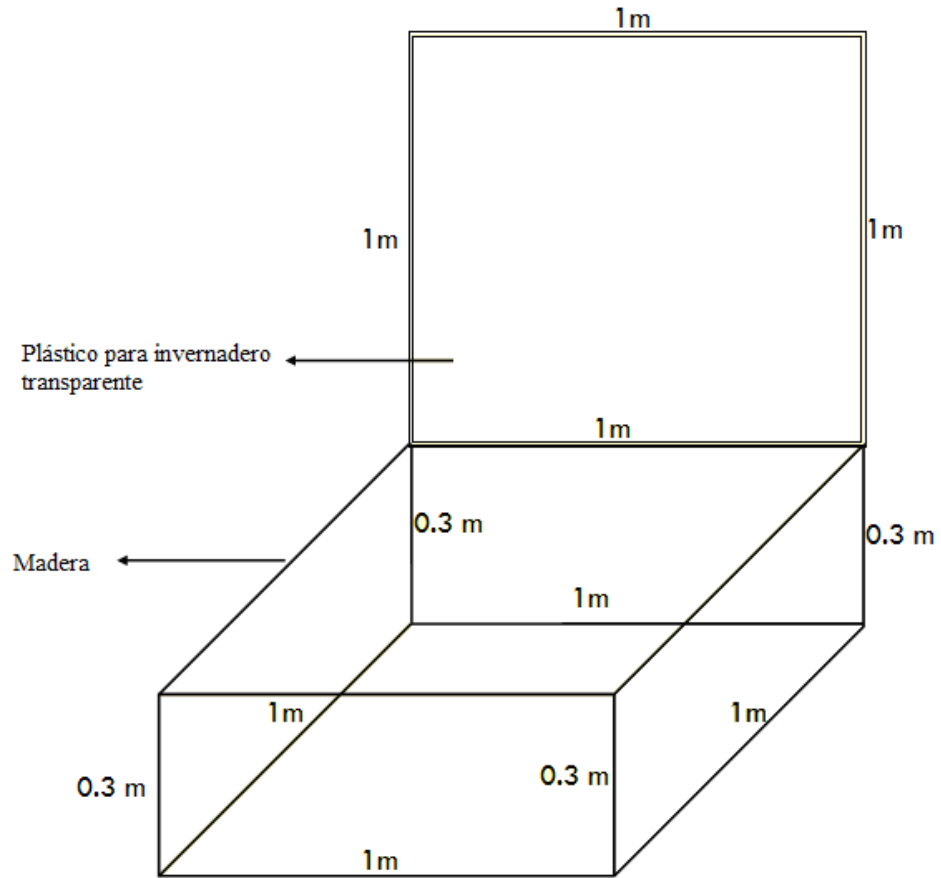


Anexo 4. Metodología de elaboración de espuma floral que incorpora sustancias nutritivas.
(Modificación Pilato, 1979).



Basado en la metodología de Pilato, 1979.

Anexo 5. Diseño del invernadero para ser utilizado en aclimatación de violetas y orquídeas.



Anexo 6. Características del invernadero

<i>Características del Invernadero</i>			
	Temperatura	Humedad	Cantidad de luz
Mínima	20°C	24%	564x1FC
Máxima	44°C	66%	1660x1FC
Promedio	28°C	33%	

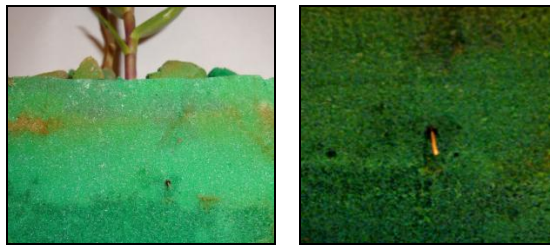
Anexo 7a. Planta de orquídea (*Cattleya spp.*) adaptada a soporte de espuma floral durante un periodo de 8 meses, después de la etapa de aclimatación. Sangolquí – Ecuador.
Espinoza, 2009.



Anexo 7b. Raíces de la planta de orquídea (*Cattleya spp.*) adaptadas a soporte de espuma floral durante un periodo de 8 meses después de la etapa de aclimatación. Sangolquí – Ecuador. Espinoza, 2009.



Anexo 7c. Penetración de raíz de orquídea (*Cattleya spp.*) en la espuma floral. Sangolquí – Ecuador. Espinoza, 2009.



Anexo 8. Datos del crecimiento (cm) de orquídeas (*Cattleya spp.*) en espuma floral y tierra, con tratamientos nutritivos T0, T1, T2 y T3.

TRAT.	SUST.	REP.	ALTURA PLANTA X 2 SEMANAS							
			0	2	4	6	8	10	12	14
T0	S1	1	8.5	8.8	9.6	10.3	11	11.7	11.7	11.8
T0	S1	2	18	18	18.7	19.5	20	20.4	20.7	20.8
T0	S1	3	6	6.75	7.3	7.4	7.4	7.6	7.9	8
T0	S1	4	5.2	5.9	6.2	6.3	6.5	6.9	7.3	7.3
T0	S1	5	10	10.7	11.5	11.7	11.8	11.9	12.3	12.4
T1	S1	1	20	21.3	21.5	21	21	19.5	10	9
T1	S1	2	8	8.5	8	7.6	5.3	3.1	2	0
T1	S1	3	6	6.5	6.5	6.6	5	3.2	1	0
T1	S1	4	8	8.6	9.5	7.5	5	3.8	0	0
T1	S1	5	8	8.5	8	7	6	0	0	0
T2	S1	1	22.5	23.5	24	24.5	24.6	20	19	19
T2	S1	2	10.5	11.2	11.5	11.3	11.1	11.2	11	10.3
T2	S1	3	7.5	8.5	8.9	9.5	9.5	9.5	9.6	9.7
T2	S1	4	30	33	33	33.4	33.9	34.3	35	35.1
T2	S1	5	7.5	8	8.3	8	8	8.1	8.1	8.2
T3	S1	1	9.5	10.5	10.8	10.8	10.8	10.8	10.9	11.4
T3	S1	2	13	14	14.6	14.9	15.2	15.8	16.3	16.7
T3	S1	3	15	15.6	16.3	16.9	17.5	18.5	19.3	20
T3	S1	4	9	9.5	10.6	11	11.1	11.8	12.5	12
T3	S1	5	23.5	24	25	24.9	24.5	24	23.8	23.5
T0	S2	1	7.5	7.8	7.9	7.9	8.2	8.6	8.9	9
T0	S2	2	7.5	7.9	8.2	7.4	6	5.1	5.1	5.1
T0	S2	3	9	9	9.5	9.6	9.6	6.9	6.6	6.6
T0	S2	4	7.5	7	7.6	7.6	7.9	8.4	8.7	9.1
T0	S2	5	11	11	11	10.5	8.5	6.9	5.4	0
T1	S2	1	9.5	9	8.7	8.1	7	6.7	6.8	4.1
T1	S2	2	29.5	30	31	32	30.5	29.6	28	27.4
T1	S2	3	15.6	15.7	16	16	14	10	10	0
T1	S2	4	19	19.2	19.3	19.2	19.7	19.9	19.9	20.3
T1	S2	5	15	15.3	15.5	15.6	11.8	11.5	0	0
T2	S2	1	5.5	5.5	5.5	5.5	5	5.3	5.2	4.6
T2	S2	2	8	8	7.9	7	7	6.8	6.9	6.8
T2	S2	3	9	8.4	8.1	7.1	6	5.2	3.1	0
T2	S2	4	6	6.1	6.7	6.7	6.9	7	7	7.3
T2	S2	5	11.2	13	13.3	13	13	10	8	5
T3	S2	1	12	12.3	12.4	12.6	12.5	13	13.6	14.1
T3	S2	2	7	7.5	8.2	8.6	9	9.1	9.3	9.6
T3	S2	3	13	10	10.7	7	7.3	7.4	7.5	6.2
T3	S2	4	6.5	6.5	7.5	8.5	8.1	8.1	8.1	7.1
T3	S2	5	6	6.3	6.7	7.1	7.9	8	8.9	9.5

Anexo 9. Datos del crecimiento (cm) de violetas (*Saintpaulia ionantha*) en espuma floral y tierra, con tratamientos nutritivos T0, T1, T2 y T3.

TRAT.	SUST.	REP.	ALTURA PLANTA X 2 SEMANAS							
			0	2	4	6	8	10	12	14
T0	S1	1	4.6	4.7	4.8	5.0	5.1	5.2	5.4	5.5
T0	S1	2	3.0	3.0	3.5	3.6	3.3	3.0	2.9	2.0
T0	S1	3	4.0	4.0	3.5	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0
T0	S1	4	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5
T0	S1	5	3.0	3.3	4.0	4.5	4.6	4.7	4.9	4.9
T1	S1	1	5.0	4.5	4.5	4.3	4.2	4.0	3.2	0.0
T1	S1	2	3.5	3.4	3.1	3.1	3.0	2.6	0.0	0.0
T1	S1	3	3.5	4.3	4.4	4.3	3.9	3.1	2.7	0.0
T1	S1	4	3.8	3.7	3.7	2.7	2.1	1.8	0.0	0.0
T1	S1	5	4.0	4.1	4.6	3.9	3.6	3.0	2.5	0.0
T2	S1	1	4.0	4.0	4.0	3.5	3.4	3.2	3.0	0.0
T2	S1	2	6.2	6.0	5.9	5.1	4.2	3.8	3.1	0.0
T2	S1	3	4.8	4.1	3.5	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
T2	S1	4	5.0	4.3	4.1	3.0	2.9	1.3	0.0	0.0
T2	S1	5	4.0	3.6	3.2	2.9	1.9	1.1	0.0	0.0
T3	S1	1	4.0	4.2	4.4	4.0	3.8	3.5	3.5	3.5
T3	S1	2	4.5	4.0	3.5	3.2	3.0	2.9	2.6	2.5
T3	S1	3	3.0	3.3	4.2	4.5	3.5	3.4	3.1	3.0
T3	S1	4	4.0	4.5	4.5	4.5	4.2	4.1	4.1	3.7
T3	S1	5	4.0	4.5	4.5	4.5	4.4	4.1	4.1	3.9
T0	S2	1	4.0	5.1	6.0	6.2	6.2	6.2	6.4	6.4
T0	S2	2	5.0	5.0	5.5	6.1	6.2	7.0	7.2	7.5
T0	S2	3	4.5	5.0	6.0	7.0	7.9	8.0	8.0	8.4
T0	S2	4	4.0	4.0	4.8	5.0	5.0	5.5	6.0	6.1
T0	S2	5	3.0	3.1	4.0	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2
T1	S2	1	4.0	5.5	5.8	6.0	6.0	6.1	5.9	5.4
T1	S2	2	3.5	3.6	4.0	4.3	4.3	4.4	4.7	4.7
T1	S2	3	3.2	3.6	3.7	3.9	4.3	4.3	4.4	4.4
T1	S2	4	6.0	6.2	6.5	7.0	7.1	7.2	7.4	7.5
T1	S2	5	5.5	4.5	4.3	3.9	3.2	2.1	0.0	0.0
T2	S2	1	3.5	3.5	3.6	3.8	3.5	3.4	3.4	3.3
T2	S2	2	4.3	4.1	4.1	3.8	3.4	3.2	2.1	0.0
T2	S2	3	4.0	4.0	4.1	4.2	4.5	4.7	4.8	5.0
T2	S2	4	3.4	3.5	3.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.2
T2	S2	5	3.8	3.5	3.5	3.5	3.1	2.9	2.9	2.9
T3	S2	1	4.0	4.0	4.0	4.5	4.7	4.8	5.0	5.7
T3	S2	2	4.0	4.5	4.7	5.0	5.3	5.5	6.0	6.9
T3	S2	3	4.5	4.5	4.8	5.0	5.5	5.9	6.3	6.9
T3	S2	4	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	5.8	6.1	6.9
T3	S2	5	5.5	6.5	6.5	7.0	7.3	7.6	8.0	8.2

Anexo 10. Calidad de las plantas de violetas (*Saintpaulia ionantha*) y orquídea (*Cattleya spp.*) en espuma floral y tierra, con tratamientos nutritivos T0 y T1.

COLOR Y CALIDAD DEL EXPLANTE																
TRATAMIENTO T0 (AGUA DESTILADA)																
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VIOLETA (Repeticiones)	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T
1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
2	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
3	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
4	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
ORQUIDEA (Repeticiones)																
1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
2	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
3	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
4	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
TRATAMIENTO T1 (M&S)																
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VIOLETA (Repeticiones)	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T	EF	T
1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
2	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
3	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
4	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
ORQUIDEA (Repeticiones)																
1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
2	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
3	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
4	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

Anexo 11. Calidad de las plantas de violetas (*Saintpaulia ionantha*) y orquídea (*Cattleya spp.*) en espuma floral y tierra, con tratamientos nutritivos T2 y T3.

TRATAMIENTO T2 (Medio Knudson)																
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VIOLETA (Repeticiones)																
1	E	E	E	R	B	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R
2	E	B	E	R	MB	R	B	R	M	R	M	R	M	R	M	R
3	E	B	E	R	MB	R	B	R	M	R	M	R	M	R	M	R
4	E	E	E	B	MB	MB	B	MB	R	B	R	B	R	B	R	B
5	E	E	MB	E	B	MB	MB	B	MB	R	B	R	B	R	B	R
ORQUIDEA (Repeticiones)																
1	E	E	E	E	MB	E	MB	MB	B	MB	B	MB	B	B	B	B
2	E	E	E	E	MB	MB	B	MB	B	B	B	B	B	B	B	B
3	E	E	E	E	MB	MB	B	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B
4	E	E	MB	E	B	MB	E	B	MB	B	B	B	B	MB	B	MB
5	E	E	MB	E	B	MB	E	B	MB	B	B	B	B	MB	B	MB
TRATAMIENTO T3 (Medio Comercial Multiflor)																
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VIOLETA (Repeticiones)																
1	E	E	E	MB	E	E	MB	E	E	MB	E	E	E	E	E	E
2	E	E	E	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	E	E	E
3	E	E	E	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	E	E	E
4	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	E	E	E	E	E	E
5	E	E	E	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	E	E	E
ORQUIDEA (Repeticiones)																
1	E	E	E	MB	E	E	MB	E	B	E	MB	E	E	R	E	M
2	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	E	M
3	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	E	M
4	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	E	M
5	E	E	E	E	E	MB	E	E	E	MB	E	E	E	E	E	M