

**Análisis del costo de producción y
evaluación de la tasa de multiplicación *in
vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* en
Zamorano**

Jorge David Salgado Moncada

Honduras
Noviembre, 2002

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Análisis del costo de producción y
evaluación de la tasa de multiplicación *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* en
Zamorano**

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Jorge David Salgado Moncada

Honduras
Noviembre, 2002

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Jorge David Salgado Moncada

Honduras
Noviembre, 2002

**Análisis del costo de producción y evaluación de la tasa de
multiplicación *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* en
Zamorano**

Presentado por:

Jorge David Salgado Moncada

Aprobada:

José Ledis Linares, M.Sc.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador Carrera de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Dinie Espinal de Rueda, M.Sc.
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano Académico

Marco Vega, M.G.A.
Asesor

Mario Contreras, Ph. D.
Director General

Juan Carlos Rosas, Ph. D.
Coordinador Biotecnología

DEDICATORIA

A Dios a quien le debo todo.

A mi madre Práxedes Moncada y mi padre Alejandro Salgado quienes me dieron la vida, les doy gracias por todo su apoyo incondicional.

A mis hermanos Karen y Besser a quienes les agradezco su gran amistad.

A quienes luchan por mejorar la agricultura y conservar la naturaleza.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por toda su ayuda a lo largo de mi vida.

A mis padres por darme todo su apoyo en mis estudios.

A Dinie de Rueda, José Linares y Marco Vega, por su apoyo, sus consejos y dedicación para la mejor realización de este estudio.

A Zoila Sandoval, Erika Ramos y Suyapa Martínez por su intensa colaboración y amistad.

A Bárbara Peña por su amistad y gracias por todos los consejos.

A todos mis amigos y colegas por su ayuda en la realización de este estudio.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Al Programa FOOD FOR PROGRESS, Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras, La Agencia Sueca para el desarrollo y al Fondo Dotal Hondureño, por el apoyo financiero que me otorgaron para la realización de mis estudios en Zamorano.

RESUMEN

Salgado, Jorge. 2002. Análisis del costo de producción y evaluación de la tasa de multiplicación *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* en Zamorano. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 57 p.

En la actualidad la *Rhyncholaelia digbyana*, flor nacional de Honduras, enfrenta peligro de extinción provocado por la extracción indiscriminada con fines comerciales y la destrucción de los bosques, razones que han obligado a la búsqueda de alternativas de conservación y propagación masiva de dicha especie. Mediante la técnica de rescate de embriones el Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micropropagación (LCTM) de Zamorano, Honduras, ha logrado propagar masivamente la *R. digbyana* con el objetivo de establecer los costos de producción y evaluar la tasa de multiplicación *in vitro*. Se utilizaron tres cápsulas de *R. digbyana* con peso y tamaño similar, con las que se establecieron embriones (Etapa I) y se multiplicaron (Etapa II) en cinco subcultivos. Se establecieron 53 frascos que fueron transferidos a la etapa de multiplicación, lográndose al final del quinto subcultivo (S5) un total de 10104 frascos. Hubo un promedio total de pérdidas de 16%, causado principalmente por la contaminación de hongos. Al finalizar el S5, el costo promedio por frasco fue de US\$ 0.99 y de cada frasco se obtuvieron 12 vitroplántulas a US\$ 0.0825 cada una. El 58% fueron costos variables, la mano de obra directa fue el factor que mayor influencia tuvo en los costos, representando el 29% del total de costos de producción. La alta tasa de multiplicación obtenida refleja el gran potencial productivo de *R. digbyana*. La distribución de costos demuestra que la eficiencia depende del uso adecuado y racional de materiales, así como de las actividades de mano de obra directa. Para una mejor planificación y desarrollo de la producción *in vitro* de *R. digbyana* se recomienda mantener las condiciones que permitan el mejor desarrollo y crecimiento de las vitroplántulas y que todos los procesos sean realizados eficientemente en tiempo y costos.

Palabras clave: Flor nacional de Honduras, micropropagación, orquídeas, rescate de embriones, tasa de multiplicación.

NOTA DE PRENSA

RESCATANDO DE LA EXTINCIÓN A LA FLOR NACIONAL DE HONDURAS

La orquídea *Rhyncholaelia digbyana*, flor nacional de Honduras, actualmente enfrenta el peligro de extinción completa, por su extracción indiscriminada de los bosques y la pérdida acelerada de éstos por incendios y talas excesivas. Esta es la razón por la que se busca su conservación por medio de técnicas de propagación *in vitro* que representan una gran alternativa para la obtención de cantidades masivas de orquídeas.

El Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micropropagación de Zamorano ha realizado, entre los meses de febrero de 2001 y septiembre de 2002, un estudio dedicado a obtener cantidades masivas de *R. digbyana* mediante la técnica de rescate de embriones. Durante este estudio se evaluó la tasa de multiplicación *in vitro* de la especie, que indica la cantidad de vitroplántulas que podemos obtener a partir del establecimiento de los embriones de una cápsula de *R. digbyana* hasta que las vitroplántulas están listas para salir al invernadero.

La propagación *in vitro* comprende cuatro pasos: **primero**, la siembra de embriones en medio nutritivo (semillas provenientes de una cápsula); **segundo**, la transferencia y multiplicación de los embriones desarrollados (protocormos) a un frasco con medio de cultivo fresco. Las transferencias o subcultivos se realizan cada dos meses, y en ellos debe observarse el desarrollo de las vitroplántulas. Se realizan de 4 a 8 subcultivos dependiendo de la especie que se utiliza. Para *R. digbyana* se realizaron cinco subcultivos; **tercero**, involucra la inducción a enraizamiento de las vitroplántulas que están en los frascos, mediante la adición de hormonas al medio de cultivo. Y **cuarto**, aclimatación de vitroplántulas, las que se extraen de los frascos y son trasladadas a condiciones de invernadero para favorecer su crecimiento *ex vitro*.

Durante el proceso de producción *in vitro* de *R. digbyana* se obtuvo un promedio de 9,580 frascos al final del quinto subcultivo (S5). En promedio cada frasco contiene 12 vitroplántulas, que equivale a un total de 114,960 vitroplántulas por cápsula de *R. digbyana* en un período de 20 meses. De esta forma se ha logrado obtener grandes cantidades de *R. digbyana* que podrán ser comercializadas y eventualmente utilizadas en planes estratégicos de repoblación de bosques nacionales, favoreciendo la conservación de la flor nacional y evitando el peligro de extinción que la amenaza.

En la producción *in vitro* es necesario establecer los costos totales de la actividad. La mano de obra y el uso de materiales representan el mayor porcentaje de los costos de producción, ya que se requiere personal capacitado y los procesos en su mayoría son ejecutados por personal de laboratorio, quienes dedican horas de trabajo para poder realizar la propagación exitosa de la *R. digbyana*.

El uso de materiales depende de la cantidad de frascos con vitroplántulas que se producen. Al final de la etapa de multiplicación se obtuvo un costo promedio por frasco con vitroplántulas de US\$ 0.99, y de cada frasco podemos obtener de 10 a 15 vitroplántulas listas para ser aclimatadas.

Licda. Sobeyda Álvarez

CONTENIDO

	Portadilla.....	ii
	Autoría.....	iii
	Página de firmas.....	iv
	Dedicatoria	v
	Agradecimientos.....	vi
	Agradecimiento a patrocinadores.....	vii
	Resumen.....	viii
	Nota de prensa.....	ix
	Contenido.....	xi
	Índice de Cuadros.....	xiv
	Índice de Figuras.....	xvi
	Índice de Anexos.....	xvii
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1	LAS ORQUÍDEAS.....	2
2.1.1	Morfología de las orquídeas.....	2
2.1.2	Polinización.....	3
2.1.3	Germinación natural de orquídeas.....	4
2.1.4	Simbiosis orquídea–hongo.....	4
2.2	MICROPROPAGACIÓN DE ORQUÍDEAS.....	4
2.2.1	Micropropagación sexual.....	4
2.2.2	Micropropagación asexual o vegetativa.....	5
2.3	MICROPROPAGACIÓN SEXUAL Y RESCATE DE EMBRIONES.....	5
2.3.1	Esterilización de cápsulas.....	6
2.3.2	Siembra.....	7
2.3.3	Germinación <i>in vitro</i>	7
2.3.4	Factores que afectan la germinación y crecimiento.....	8
2.3.5	Multiplicación de orquídeas.....	9
2.3.6	Manejo de frascos.....	9
2.4	<i>RHYNCHOLAELIA DIGBYANA</i>	10
2.4.1	Clasificación botánica.....	10
2.4.2	Distribución geográfica e importancia.....	10
2.4.3	Características de la especie.....	10
2.5	SITUACIÓN ACTUAL Y CONSERVACIÓN DE LAS ORQUÍDEAS.....	11

2.6	ESTUDIO DE COSTOS.....	12
2.6.1	Definición de costo.....	12
2.6.2	Importancia del análisis de costos.....	12
2.6.3	Elementos del costo de producción.....	12
2.6.3.1	Materiales.....	13
2.6.3.2	Mano de obra.....	13
2.6.3.3	Costos indirectos de fabricación.....	13
2.6.4	Clasificación de costos.....	14
2.6.4.1	De acuerdo a la función que cumplen.....	14
2.6.4.1A	Costos de producción.....	14
2.6.4.1B	Costos de distribución o ventas.....	14
2.6.4.1C	Costos administrativos.....	14
2.6.4.2	De acuerdo a la relación entre los factores y productos.....	14
2.6.4.2A	Costos directos.....	14
2.6.4.2B	Costos indirectos.....	15
2.6.5	Costo horario de funcionamiento del equipo.....	15
2.6.6	Los costos y la administración empresarial.....	15
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1	UBICACIÓN.....	16
3.2	MATERIALES PARA LA INVESTIGACIÓN TÉCNICA.....	16
3.2.1	Material vegetal.....	16
3.2.2	Medio de cultivo.....	16
3.2.3	Equipo, cristalería e instrumentos.....	19
3.3	PROCEDIMIENTOS PARA LA GERMINACIÓN ASIMBIÓTICA DE EMBRIONES DE ORQUÍDEAS <i>IN VITRO</i>	19
3.4	PROCEDIMIENTO PARA LA MULTIPLICACIÓN <i>IN VITRO</i> DE ORQUÍDEAS.....	19
3.4.1	Flujo de actividades.....	19
3.4.2	Preparación para el medio de multiplicación.....	21
3.4.3	Multiplicación.....	21
3.4.4	Subcultivos.....	21
3.4.5	Procedimiento para la transferencia de subcultivos.....	21
3.4.6	Registro de frascos.....	22
3.4.7	Aclimatación.....	22
3.5	TASA DE MULTIPLICACIÓN (TM).....	22
3.5.1	Tasa de Multiplicación Real (TMR).....	23
3.5.2	Tasa de Multiplicación Efectiva (TME).....	23
3.5.3	Tasa de Multiplicación Real y Efectiva final (TMRF y TMEF).....	23
3.6	EVALUACIÓN DE LA TASA DE MULTIPLICACIÓN.....	23
3.7	EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS.....	24

3.8	ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN <i>IN VITRO</i>	24
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1	ESTABLECIMIENTO, TRANSFERENCIA A MULTIPLICACIÓN Y MULTIPLICACIÓN DE SUBCULTIVOS.....	27
4.1.1	Cápsula A.....	27
4.1.2	Cápsula B.....	29
4.1.3	Cápsula C.....	29
4.1.4	Promedio por cápsula.....	29
4.2	TASA DE MULTIPLICACIÓN (TM).....	30
4.2.1	Cápsula A.....	30
4.2.2	Cápsula B.....	30
4.2.3	Cápsula C.....	30
4.2.4	Promedio por cápsula.....	30
4.3	PROMEDIO TOTAL DE PÉRDIDAS (PTP).....	33
4.3.1	Cápsula A.....	33
4.3.2	Cápsula B.....	34
4.3.3	Cápsula C.....	34
4.3.4	Promedio por cápsula.....	35
4.4	ANÁLISIS DE COSTOS.....	35
4.4.1	Distribución de los costos de producción.....	35
4.5	DISCUSIÓN.....	37
4.5.1	Tasa de Multiplicación (TM).....	37
4.5.2	Promedio Total de Pérdidas (PTP).....	37
4.5.3	Costos de producción <i>in vitro</i>	38
4.5.4	Banco de germoplasma.....	38
4.5.5	Proceso de producción <i>in vitro</i> de <i>R. digbyana</i>	38
5	CONCLUSIONES	39
6	RECOMENDACIONES	40
7	BIBLIOGRAFÍA	41
8	ANEXOS	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Ancho, longitud y peso de cápsulas de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> utilizada para la germinación <i>in vitro</i> de embriones. Zamorano, Honduras, 2001.....	16
2	Medio Murashige y Skoog (1962) modificado, utilizado para la multiplicación <i>in vitro</i> de orquídeas. Zamorano, Honduras, 2002.....	17
3	Número de frascos iniciales y finales en la etapa de establecimiento, transferencia a multiplicación, y subcultivo 1 al 5, para cada cápsula de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	28
4	Tasa de Multiplicación Real y Efectiva al final del subcultivo 5 (TMR y TMEF) para cada cápsula de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	30
5	Tasa de Multiplicación Real (TMR) y Efectiva (TME) calculada entre etapas y al final (TMR) y (TMEF) del proceso de multiplicación <i>in vitro</i> de tres cápsulas de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	31
6	Promedio Total de Pérdidas (PTP) de frascos al final del subcultivo 5 en la producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	33
7	Pérdida de frascos por contaminación y muerte de vitroplántulas, durante la producción <i>in vitro</i> de <i>R. digbyana</i> (Cápsula A). Zamorano, Honduras, 2002.....	33
8	Pérdida de frascos por contaminación y muerte de vitroplántulas, durante la producción <i>in vitro</i> de <i>R. digbyana</i> (Cápsula B). Zamorano, Honduras, 2002.....	34
9	Pérdida de frascos por contaminación y muerte de vitroplántulas, durante la producción <i>in vitro</i> de <i>R. digbyana</i> (Cápsula C). Zamorano, Honduras, 2002.....	34
10	Pérdida de frascos por contaminación y muerte de vitroplántulas durante la producción <i>in vitro</i> de <i>R. digbyana</i> (promedio por cápsula). Zamorano, Honduras, 2002.....	35
11	Costo en dólares para la producción <i>in vitro</i> de tres cápsulas de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> hasta el S\$. Zamorano, Honduras, 2002.....	36

12	Distribución porcentual de costos de producción <i>in vitro</i> de tres cápsulas de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> al final del S5. Zamorano, Honduras, 2002.....	36
----	--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
1	Diagrama de actividades para la producción <i>in vitro</i> de <i>R. digbyana</i> , en el LCTM de Zamorano. Zamorano, Honduras, 2002.....	20

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pag.	
1	Esquema de rotulación y registro de frascos en el proceso de producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	44
2	Ejemplo para la estimación de la Tasa de Multiplicación Real (TMR) en cada etapa y al final (TMRF) del proceso de producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> (cápsula B). Zamorano, Honduras, 2002.....	45
3	Ejemplo para la estimación de la Tasa de Multiplicación Efectiva (TME) en cada etapa y al final (TMEF) del proceso de producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> (cápsula B). Zamorano, Honduras, 2002.....	45
4	Ejemplo para la estimación del Promedio Total de Pérdidas (PTP) al final de S5 en la producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> (cápsula B). Zamorano, Honduras, 2002.....	45
5	Ejemplo para la estimación del valor en dólares del salario por mano de obra directa por hora (\$ / hr) en el LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.....	46
6	Ejemplo para la estimación del valor en dólares de mano de obra directa por hora (MOD / hr) en el LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.....	46
7	Ejemplo para la estimación en dólares del costo de mano de obra directa (MOD) en la producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> (cápsula A). Zamorano, Honduras, 2002.....	46
8a	Estudio de tiempos y movimientos en las actividades de producción <i>in vitro</i> de orquídeas del LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.....	47
8b	Tiempos y movimientos en preparación de medio y transferencias para la producción <i>in vitro</i> de <i>R. digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	48
9	Tasa de aplicación de los costos indirectos con base en las horas de MOD en la producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	49
10	Ejemplo para la estimación en dólares de los costos indirectos de la producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> (cápsula A). Zamorano, Honduras, 2002.....	49
11	Ejemplo para la estimación en dólares del costo unitario promedio de cada frasco en la producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> (cápsula A). Zamorano, Honduras, 2002.....	49

12	Costo en dólares para la producción <i>in vitro</i> de la cápsula A de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	50
13	Costo en dólares para la producción <i>in vitro</i> de la cápsula B de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	52
14	Costo en dólares para la producción <i>in vitro</i> de la cápsula C de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	54
15	Costo en dólares por uso de energía eléctrica en la producción <i>in vitro</i> de tres cápsulas de <i>R. digbyana</i> . Zamorano, Honduras, 2002.....	56
16	Etapas de la producción <i>in vitro</i> de <i>Rhyncholaelia digbyana</i> mediante la técnica de rescate de embriones. LCTM de Zamorano, 2001- 02.....	57

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad muchas especies de orquídeas corren el riesgo de extinguirse completamente, tal es el caso de la *Rhyncholaelia digbyana*, flor nacional de Honduras, cuya presencia en bosques y zonas montañosas ha disminuido, principalmente por la extracción indiscriminada de plantas adultas que son comercializadas ilegalmente y la destrucción acelerada de los bosques. Estas razones han obligado a la búsqueda de alternativas de conservación y propagación masiva de dicha especie. El Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micropropagación (LCTM) de Zamorano ha logrado el desarrollo en cantidades masivas de diferentes especies de orquídeas mediante la técnica de rescate de embriones. Los resultados para la *Rhyncholaelia digbyana* son muy prometedores, pero necesita de evaluar la tasa de multiplicación *in vitro* para conocer el potencial productivo de esta especie. Además, el LCTM carece de un sistema de estimación de costos para la producción *in vitro* de orquídeas, lo que hace difícil establecer un manejo adecuado de costos y calcular la rentabilidad en la producción de dicho cultivo. Como consecuencia de no contar con esta información de costos, no se ha logrado establecer procesos eficientes y reducir aquellas actividades en las que se incurre en costos elevados que representan un alto porcentaje de los costos de producción.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Establecer los costos de producción *in vitro* de *R. digbyana* y su tasa de multiplicación al final de la etapa II de multiplicación (subcultivo 5).

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1) Evaluar la tasa de multiplicación de *R. digbyana* para determinar la cantidad de frascos con vitroplántulas y número de vitroplántulas en cada uno, que pueden ser obtenidas de una cápsula hasta el subcultivo 5 (S5).
- 2) Identificar y reducir los factores que inciden en las pérdidas de frascos con vitroplántulas, y que afectan directamente la multiplicación en cada transferencia.
- 3) Elaborar una estructura de costos que permita conocer cuales representan el mayor porcentaje en la producción *in vitro* de *R. digbyana* hasta el subcultivo 5 (S5).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LAS ORQUÍDEAS

Las orquídeas pertenecen a la familia *Orchidaceae*, considerada probablemente la mayor familia de plantas con flores en el mundo. Se han estimado rangos que van desde 17,000 hasta 35,000 especies conocidas (Dressler, 1993). Esta gran variedad de especies se encuentra adaptada a diversos hábitats. Existen aquellas que crecen en los suelos de selvas y laderas (terrestres), en lagunas y pantanos (acuáticas), sobre troncos y ramas (epífitas), sobre piedras (litófitas), sobre materia orgánica en descomposición (saprófitas) y las subterráneas de Australia que sólo ven el sol cuando florecen como es el caso de *Rhizanthella gardneri*. Las orquídeas no son encontradas en lugares como la Antártida y en desiertos áridos de la tierra. La mayor diversidad se encuentra en las regiones tropicales donde abundan como epífitas, aunque también las hay terrestres (Grancanariaweb, 2001).

Las orquídeas se dan prácticamente en todas las formas, colores y aromas, dependiendo mucho de la estrategia de reproducción que utilicen. Según González (1992), las orquídeas están entre las plantas más evolucionadas, siendo particularmente exitosas para reproducirse, recoger agua y alimento, y conservarlos; existe por estas razones una gran variedad genética, lo que contribuye a su rara belleza y que les ha hecho subsistir a través del tiempo.

2.1.1 Morfología de las orquídeas

Siendo las orquídeas muy diversas, presentan una gran variabilidad morfológica. Por lo que las modificaciones en raíces, tallos, hojas y flor les ha permitido competir con otras plantas en los diversos ambientes en donde se encuentran (González, 1992)

Las orquídeas poseen diferentes características que las hacen muy diferentes en forma, tamaño y estructura de la planta; además poseen una gran diversidad de colores, que a excepción del negro todos están representados. Las podemos distinguir principalmente por sus características florales y aparato reproductor, destacando las siguientes:

- Las flores son bisexuales o perfectas, ya que en cada una están presentes los órganos masculino y femenino.
- La forma de la flor presenta generalmente simetría bilateral, aunque se puede presentar asimetría en algunos géneros.
- El tamaño de la flor puede variar de 1mm hasta 25 cm.

- Tres sépalos, dos pétalos y el labelo. Este último es un pétalo modificado que sirve de punto de atracción y plataforma de aterrizaje para polinizadores.
- Las estructuras reproductivas (estambres y pistilos) están fusionadas en la mayoría de las especies, formando la columna donde se encuentra el estigma que es el centro de recepción del polen.
- El polen está unido en masas compactas llamadas polinios.
- El fruto es una cápsula que contiene grandes cantidades de semillas muy pequeñas.
- Las flores de muchas especies giran 180° antes de abrirse, para exponer el labelo a los polinizadores. Este evento se conoce como resupinación.
- La mayoría de las orquídeas tienen flores de diversos colores, las cuales se distribuyen en una cantidad indefinida de formas, manchas, puntos, rayas, etc.

El color y la forma de la flor es el aspecto más relevante en la comercialización. Los precios en el mercado se fijan por la vistosidad y variedad de la flor. Además, presentan una variabilidad de fragancias, resultado de mezclas de sustancias químicas complejas que se producen en la estructura de la flor. Se cree que los aromas son producidos para la atracción de polinizadores.

2.1.2 Polinización

La polinización se refiere a la transferencia de polen de una flor a otra. La polinización de las orquídeas puede ocurrir en forma natural o controlada (González, 1992)

Naturalmente es llevada a cabo por polinizadores que van desde pequeños mosquitos, pasando por moscas, polillas, mariposas, abejas y abejorros, hasta pequeñas aves como los picaflores o colibríes. Estos polinizadores son atraídos por el color, la forma y la fragancia de la flor, recibiendo como recompensa alimentación en forma de néctar o polen. Otros polinizadores solo buscan aceites y perfumes. Muchas orquídeas se han especializado para ser polinizadas por un polinizador único (Dressler, 1990).

Según González (1992), la gran variabilidad de las orquídeas se debe al complejo mecanismo de polinización, lo que también constituye un obstáculo para la reproducción natural de las orquídeas, que es facilitada por los polinizadores naturales. Las orquídeas han desarrollado mecanismos que evitan el contacto entre los órganos masculinos (polinios) y femeninos (estigmas) de la misma flor, evitando así problemas de autofecundación.

La polinización **cruzada o controlada** dependerá de la morfología de la flor, por lo que se debe escoger el instrumento más apropiado para hacerla. Un palillo de madera largo con pico en su extremo o un palillo de dientes puede ser suficiente. El proceso consiste en colocar el polinio en el estigma de la flor, prefiriéndose obtener una sola cápsula por planta para una mejor formación. La planta que recibirá el polen definirá la cosecha de su cápsula, dependiendo de la especie y de la planta misma, pudiéndose cosechar incluso en estado inmaduro o cuando alcanza más de dos terceras partes de

madurez (González, 1992). La polinización cruzada es utilizada ampliamente para la creación de híbridos y mejoramiento de orquídeas.

2.1.3 Germinación natural de orquídeas

Según Pierik (1990), las semillas de orquídeas son muy pequeñas y su tamaño va de 1 a 2 mm de largo y 0.5 a 1 mm de ancho. Estas semillas poseen pocas reservas para su germinación, por lo que se ha descubierto que no germinarán en un medio natural sin antes ser infectadas por un hongo micorriza, el cual le brindará a las plantas jóvenes los nutrientes necesarios para producir su propio alimento y mantener su desarrollo. Muchos de estos hongos micorriza pertenecen a géneros como *Rhizoctonia*, *Epulorrhiza*, o *Ceratorhiza* (George, 2002). Estos mismos géneros pueden contener especies que son patógenos de orquídeas y otras plantas, forman asociaciones con otras plantas o no se asocian a ninguna. Algunos ejemplos de hongos micorriza son el *Rhizoctonia borealis* y *Rhizoctonia repens*. Al germinar la semilla, se produce una masa de estructuras llamadas protocormos. En condiciones normales estas estructuras continuarán su crecimiento dependiendo de la especie hasta alcanzar el desarrollo de hojas y raíces.

2.1.4 Simbiosis orquídea-hongo

Según Dressler (1990) la relación orquídea-hongo es muy importante para el desarrollo y alimentación de la orquídea, particularmente para las orquídeas terrestres que a diferencia de las epífitas tienen dificultades en la fabricación del alimento por sí solas.

En busca de lograr una germinación independiente de la necesidad simbiótica en las orquídeas, Knudson en 1922 demostró que era posible la germinación sobre un medio simple conteniendo minerales y azúcares, sin la presencia de hongos.

Aunque los resultados son muy buenos no siempre es posible hacer un medio en el que una determinada especie de orquídea pueda germinar y desarrollar, por lo que se han desarrollado diversos medios nutritivos para tal fin (Pierik, 1990).

2.2 MICROPROPAGACIÓN DE ORQUÍDEAS

Quiñones y Manrique (1999) mencionan que la propagación *in vitro* tiene la ventaja de producir plántulas de orquídeas en mucho menor tiempo, contrario a la propagación natural, en la cual los resultados se ven en un mínimo de 10 años. Dependiendo de la especie, podemos obtener orquídeas propagadas *in vitro* en pocos meses o años. La micropropagación de orquídeas puede realizarse de manera sexual y también asexualmente.

2.2.1 Micropropagación sexual

La micropropagación sexual consiste en el cultivo de embriones, con lo que se asegura una gran variabilidad genética. Se aplica cuando se busca el desarrollo de híbridos de

gran valor o para germinar semillas de especies que en condiciones naturales tienen difícil germinación.

Por cada cápsula de orquídea se pueden obtener de 1,300 a más de 4 millones de semillas, dependiendo de la especie que se utiliza. La semilla tiene una testa relativamente gruesa que encierra al embrión, y la cubierta tiene características muy variables dependiendo de la especie. La testa está formada por un tejido muerto, compuesto hasta en un 96% de aire, por lo que cada semilla se considera como un globo y el embrión tiene una forma esférica (Pierik, 1990).

Según Linares (1993), el uso de la micropropagación sexual en *R. digbyana*, mediante la técnica de rescate de embriones, resulta en una multiplicación masiva de vitrolántulas.

2.2.2 Micropropagación asexual o vegetativa

Esta técnica consiste en la utilización de partes vegetativas de la orquídea a las que se les denomina explantes. En estos explantes se encuentran puntos de crecimiento y regeneración que hacen posible el desarrollo de una nueva planta.

Para la propagación vegetativa se debe considerar que los explantes deben estar limpios y libre de enfermedades, deben presentar facilidad para cultivarse y deben permitir la proliferación masiva de plantas (González, 1992).

Esta técnica de reproducción asexual *in vitro* permite la obtención de una descendencia idéntica a la planta madre, la cual no se obtiene cuando se propaga por medio de embriones, de las que obtenemos materiales más heterogéneos y poco semejantes a sus padres (Pierik, 1990).

Según Pierik (1990) y González (1992), las vías para la micropropagación vegetativa de orquídeas más utilizadas son las siguientes:

1. Cultivo de meristemas
2. Hojas jóvenes y ápices de hojas: Segmentos
3. Yemas durmientes: vástagos de yemas florales, yemas basales, de inflorescencias.
4. Segmentos nodales y foliares
5. Ápices de raíces
6. Explantes de inflorescencias jóvenes
7. Callos: provenientes de segmentos foliares o rizomas
8. Plántulas jóvenes: regeneración *in vitro*
9. Etiolación: uso de segmentos nodales de plántulas desarrolladas *in vitro*.
10. Cultivo de escape eje floral: maduros y jóvenes

2.3 MICROPROPAGACIÓN SEXUAL Y RESCATE DE EMBRIONES

Según Pierik (1990), el cultivo de embriones consiste en el aislamiento y crecimiento *in vitro*, bajo condiciones estériles, de embriones inmaduros o maduros, con el fin de obtener una planta viable.

Los embriones **inmaduros** se obtienen de semillas que no han madurado, para impedir la muerte prematura del embrión (aborto), y así lograr la obtención de una planta viable. Este cultivo es muy complicado ya que se debe realizar una cuidadosa disección y utilizar un medio nutritivo de alta complejidad. El éxito depende del estado de desarrollo en que se encuentre el embrión.

El cultivo de embriones **maduros**, encontrados en semillas ya maduras, es utilizado para facilitar la germinación de las semillas. Existe mayor facilidad para realizarlo por el mejor desarrollo del embrión y que requiere un medio nutritivo simple, con agar, azúcar y minerales.

Los factores que se deben tomar en cuenta para realizar el cultivo de embriones son:

1. **Genotipo:** algunas especies muestran dificultad en el cultivo de embriones.
2. **Estado de desarrollo del embrión:** cuanto más desarrollado este el embrión más fácil es su cultivo *in vitro*.
3. **Condiciones de crecimiento de la planta madre :** el buen desarrollo de la planta madre bajo condiciones controladas produce un mejor desarrollo de los embriones.
4. **Composición del medio nutritivo:** existen diferencias en los requerimientos de embriones inmaduros en comparación a los maduros; así también, las necesidades varían según el desarrollo y crecimiento de los embriones.
5. **Oxígeno:** a veces se requieren mayores concentraciones de oxígeno que las que normalmente existen en el aire.
6. **Luz:** en ocasiones el aislamiento de embriones requiere de total oscuridad, para luego ser transferidos a condiciones con luz después de una o dos semanas de haber sido sembrados.
7. **Temperatura:** varía según la especie a utilizar, normalmente se usan temperaturas entre 22 a 28 °C.

El rescate de embriones junto a la polinización cruzada son grandes herramientas que han favorecido la conservación de orquídeas (González, 1992).

Jensen (1976; citado por Pierik, 1990) demostró que el cultivo *in vitro* de embriones presenta una germinación precoz, resultado de la eliminación de inhibidores con el retiro de la cubierta seminal de la semilla, en comparación al cultivo *in vivo* que presenta una baja absorción de agua y nutrientes.

2.3.1 Esterilización de cápsulas

Existen dos formas de realizar la esterilización de cápsulas:

Usando **cápsulas cerradas**, la cual es muy simple y consiste en bañar la cápsula con alcohol al 96% durante 5 a 10 segundos y luego flamearla. Finalmente abrimos la cápsula con un escalpelo estéril. Las semillas en el interior de la cápsula se encuentran estériles.

Usando **cápsulas abiertas**, que consiste en esterilizar cada semilla, lo que resulta en un proceso muy delicado y que puede provocar daños al material. Las semillas son colocadas en un pequeño matríz que contiene lejía al 10% mas Tween 20 en una

proporción de 2-5 % (v/v). La esterilización se realiza durante 5-10 minutos. Las semillas viables son las que flotan en la solución con lejía.

2.3.2 Siembra

Para la micropropagación sexual de orquídeas se utilizan embriones que se obtienen de semillas que pueden ser colectadas a partir de cápsulas en proceso de maduración o ya maduras. La siembra se realiza sobre el medio nutritivo sólido, utilizando una espátula de siembra para distribuir las semillas uniformemente sobre el medio (Pierik, 1990). Otra forma de realizar la siembra, es mediante la suspensión de las semillas en agua estéril, haciendo la siembra por medio de gotas sobre el medio nutritivo solidificado, evitando así problemas de falta de oxígeno (Arditti, 1982; citado por Pierik, 1990).

La cantidad de siembra depende de la proporción de las semillas viables y de la especie de orquídea a propagar.

2.3.3 Germinación *in vitro*

Según McKendrick (2000), la germinación *in vitro* permite la reproducción de embriones en frascos de vidrio o plástico sobre un medio nutritivo conteniendo azúcares y minerales necesarios para la germinación y crecimiento de las semillas.

Pierik (1990) demuestra que la propagación *in vitro* de orquídeas, mediante el rescate de embriones, presenta mayores ventajas por lo siguiente:

1. Las semillas dentro de una cápsula se encuentran totalmente estériles, por lo que no es necesaria su desinfección.
2. Las semillas de orquídea son muy pequeñas y contienen poco o nada de reserva alimenticia, la cual es obtenida del medio nutritivo.
3. Los nutrientes suministrados por el medio de cultivo dan a la semilla más probabilidades de supervivencia y germinación.
4. Se obtiene un desarrollo apropiado de protocormos.
5. Naturalmente la semilla depende de la relación simbiótica con un hongo, la cual también puede darse *in vitro* y se denomina **germinación “simbiótica”**. Esta relación puede ser sustituida *in vitro* por un medio nutritivo, prescindiendo del hongo, y se le llama **germinación “asimbiótica”**.
6. Contrario a la forma controlada o de cruce, con un medio nutritivo se podrá conseguir que todas las semillas germinen.
7. La siembra *in vitro* permite la germinación de embriones inmaduros para lograr acortar el ciclo de mejora.
8. La germinación *in vitro* es más rápida porque se desarrolla en un ambiente controlado y acondicionado, evitando la competencia con hongos y bacterias.

Según Pierik (1990), la germinación *in vitro* de los embriones de orquídeas se da de la siguiente manera:

- a. El embrión absorbe agua a través de la testa, aumentando de volumen.
- b. Se inicia la división celular.

- c. El embrión rompe la cubierta seminal.
- d. Se forma una estructura de tipo protocormo por la agregación de células, sobre esto se distingue el meristemo del vástago.
- e. Diferenciación de órganos (meristemo del vástago en un lado y rizoides en el opuesto) comenzando un período de crecimiento intenso.
- f. El protocormo expuesto a la luz, adquiere la coloración verde dándose el desarrollo de las hojas.
- g. Formación de clorofila.
- h. La planta se hace autótrofa.
- i. Formación de las raíces verdaderas en forma endógena.
- j. El protocormo y los rizoides (pelos radicales) pierden su misión nutritiva y desaparecen.

Los embriones de orquídea se pueden sembrar al encontrarse en estadio intermedio entre la fertilización y la maduración de la cápsula (Lucke, 1971; citado por Pierik, 1990). Igualmente, se recomienda que los embriones no deben sembrarse *in vitro* si la cápsula no ha llegado a los dos tercios de su madurez.

2.3.4 Factores que afectan la germinación y crecimiento

Hay una diversidad de factores que afectan la germinación y crecimiento de las semillas de orquídea, dependiendo también de la especie utilizada. Aunque debemos considerar que semillas inmaduras deben ser manejadas bajo condiciones más controladas que las más desarrolladas (Pierik, 1990), los factores en general a considerar se describen a continuación:

1. **Temperatura:** las semillas germinan a 20- 25°C.
2. **Luz:** la duración del día es de 12-16 horas, usando tubos fluorescentes.
3. **Agar:** la concentración recomendada es de 0.6 - 0.8 %.
4. **Minerales:** se recomienda utilizar un medio que contenga macro y micronutrientes. Las orquídeas generalmente necesitan Fe y Mn para germinar. Hay que considerar que las orquídeas terrestres requieren un medio pobre en sales, mientras las epífitas necesitan un medio más rico en sales.
5. **Azúcar:** es importante como fuente de energía, especialmente para las semillas que germinan en la oscuridad. Por lo general se emplea sacarosa, aunque a veces se utiliza una mezcla de glucosa y fructosa.
6. **El pH:** debe situarse entre 4.8-5.8. Un pH más bajo de 4 o más alto de 7 resulta muy desfavorable.
7. **Vitaminas:** es necesario añadir biotina, ácido nicotínico, vitamina C, vitamina B1, piridoxina, ácido pantoténico y myo-inositol.
8. **Los reguladores:** generalmente no son necesarios para la germinación de las semillas y su presencia mas bien puede producir efectos no deseados (formación de callos, o vástagos adventicios). Concentraciones bajas de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA), a veces estimulan el crecimiento de las plántulas de *Dendrobium*, *Cattleya* y otros.
9. **Mezclas complejas:** se pueden utilizar el homogenizado de plátano, leche de coco, peptona, triptona, levadura de fermentación, hidrolizado de caseína, jugo de piña, jugo de tomate y extracto de patata. Los efectos estimuladores de estas mezclas se explican por el contenido de vitaminas y aminoácidos.

Se ha encontrado que orquídeas terrestres tienen mayor dificultad de germinación que las epifitas o tropicales (Pierik, 1990).

2.3.5 Multiplicación de orquídeas

Luego del establecimiento de los embriones en el medio nutritivo, los frascos deben ser trasladados al cuarto de crecimiento en donde las condiciones de luz y temperatura son controladas para facilitar su desarrollo. Según Bartrina (2002), el desarrollo del proceso de germinación se da en aproximadamente dos meses cuando hay un cambio de coloración de las semillas de blanco-amarillento a verde-amarillento.

Bartrina (2002) menciona que una vez ocurrida la germinación y el desarrollo de los protocormos, será necesario la multiplicación de las plántulas mediante subcultivos que se realizarán cada dos meses, durante un período de ocho meses, e incluso más dependiendo de la especie; hasta que alcance un tamaño y condición suficiente para ser aclimatadas y transplantadas al medio de crecimiento en invernaderos. Las pequeñas plantas son transplantadas cuando empiezan a aparecer hojas y empiezan a llenar el frasco (McKendrick, 2000).

Es recomendable realizar la transferencia en grupos de vitroplántulas, ya que se presenta un mejor crecimiento (efecto comunidad) que si se le hace en forma aislada¹. Al realizar la transferencia de vitroplántulas, se debe evitar el exceso de vitroplántulas por frasco, ya que esto no permitiría su crecimiento y desarrollo. Las orquídeas permanecerán de 6 meses a 2 años dentro del frasco (Lamolina, 2002).

2.3.6 Manejo de los frascos

McKendrick (2000) indica que las semillas establecidas en los frascos deberán ser trasladadas a un cuarto de crecimiento regulado a 18 - 24 ° C con 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad.

Los frascos deberán ser revisados regularmente después de cada siembra por el riesgo de contaminación. Si la contaminación es detectada lo más temprano posible, deberá ser combatida antes de que se disperse totalmente, pero si el hongo ha producido esporas, o hay poco líquido y humedad en el fondo del frasco, lo recomendable es desechar las unidades contaminadas.

Cuando las plántulas alcanzan un tamaño de 4 a 6 cm de alto ya pueden transplantarse. Las plántulas deben ser extraídas cuidadosamente de los frascos y ser lavadas con agua corriente teniendo el cuidado de no lastimar las raíces (Bartrina, 2002).

Ya en el invernadero, las plántulas deben mantenerse en las mejores condiciones que faciliten su desarrollo; también hay que evitar el exceso de humedad que favorece la pudrición de raíces.

(1) Linares, J. 2002. Multiplicación *in vitro* de orquídeas. Zamorano. Honduras (Comun. Pers.).

2.4 *Rhyncholaelia Digbyana*

2.4.1 Clasificación botánica

La *Rhyncholaelia digbyana* (Lindley) Schltr. o *Brassavola digbyana* como también se le conoce, pertenece a la división *Espermaphita*, subdivisión *Angiospermae*, clase *Monocotiledoneae*, orden *Orchidales*, familia *Orchidaceae* (Dressler, 1990).

2.4.2 Distribución geográfica e importancia

La *Rhyncholaelia digbyana* (Lindley) Schltr. es originaria de las zonas bajas y secas del sur de México y norte de Centroamérica, particularmente Honduras y Belice (Senghas y Bockemuhl, 1983; citados por Linares, 1993). La *R. digbyana* que se encuentra en Honduras pertenece a la variedad *fimbripetala*, que es endémica del país y de mucha importancia por ser la flor nacional. Su importancia económica radica en su gran uso en la hibridación y comercialización. Es una planta que ha recibido muchos premios por su belleza (Plantfacts, 2002).

El nombre científico completo para esta planta es *Rhyncholaelia digbyana* (Lindley) Schltr. var. *fimbripetala* Ames. (Linares, 1993).

En Honduras la población de *R. digbyana* ha sido muy abundante en los bosques de departamentos como Yoro y Lempira, la zona occidental particularmente en las cercanías de las Ruinas de Copán, Olancho y el valle de Talanga; pero actualmente su población ha disminuido por problemas de extracción y destrucción de su hábitat natural, siendo encontrada en su mayoría sólo en el valle de Talanga (Linares, 1992).

2.4.3 Características de la especie

La *Rhyncholaelia digbyana* proveniente de Honduras es una planta epífita que presenta pseudobulbos alargados, delgados, una sola hoja que puede ser de 20 cm de longitud, gruesa, color verde y púrpura. Cada planta produce una sola flor que puede alcanzar hasta 20 cm de diámetro, de color blanco a blanco verdoso. Su pétalo superior o labelo tiene color crema y bordes con muchos pelos o fimbrias. Su floración es anual y se da dos semanas a un mes después del inicio de las lluvias. La flor dura de dos a tres semanas en su hábitat natural, período en el cual debe ser polinizada (Linares, 1993).

Al alcanzar el desarrollo de seis pseudobulbos (cerca de los seis años de edad), la *Rhyncholaelia digbyana* florecerá en la época de primavera-verano en los meses de mayo a agosto (Halbinger y Soto, 1997). La flor libera olores similares a la fragancia del limón. Es una planta de climas secos, además le gusta la luminosidad y la buena ventilación. Esta especie necesita agua para su crecimiento y promover la formación de pseudobulbos (Plantfacts, 2002).

2.5 SITUACIÓN ACTUAL Y CONSERVACIÓN DE LAS ORQUÍDEAS

Las orquídeas han sido muy admiradas y apreciadas desde hace mucho tiempo por las diferentes civilizaciones debido a su gran belleza y vistosidad. Actualmente la deforestación de los bosques y selvas, la destrucción del hábitat natural de las orquídeas, y la extracción indiscriminada de estas plantas, debido al buen precio que se obtiene por su comercialización, tanto en el mercado nacional como en el extranjero, ha ocasionado que una gran cantidad de orquídeas nativas se encuentren hoy en peligro de extinción (Quiñones y Manrique, 1999).

Según el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) de Lima, Perú (2002), la producción comercial y masiva de orquídeas ha sido posible gracias al uso de las técnicas de micropropagación *in vitro*, contribuyendo también a la conservación de las orquídeas y demás plantas; por lo que esto implica una producción planificada y sostenible de los recursos, para poder evitar la extinción de estas especies. El material que se exporta o que se comercializa no siempre viene de la propagación en viveros o laboratorios de biotecnología, sino que es proveniente de actividades puramente extractivas, donde comerciantes sin conciencia ambiental las colectan y remueven de sus hábitats naturales para venderlas en los mercados interesados en donde normalmente se presentan como productos que tienen permiso legal.

Existen instituciones dedicadas a velar por la protección de especies silvestres, siendo la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres Amenazadas de Extinción (CITES) un ente regulador y de reglamentación para el comercio de especies silvestres. CITES mantiene el control para la legalización de transacciones comerciales de especies en peligro de extinción; por tal razón, las especies amenazadas son situadas en tres apéndices dependiendo del grado de riesgo y peligro de extinción en el que se encuentran. Las especies incluidas en el apéndice I son catalogadas con alto peligro de extinción.

La *R. digbyana* esta incluida dentro del apéndice II, lo que indica que es una planta que si bien no está altamente amenazada de extinción, como otras especies dentro del apéndice I, podría estarlo sino se toman medidas que regulen y condicionen su comercialización a escala local e internacional.

Larrea (2002) menciona que la Dirección General de Biodiversidad (2001) ha diseñado estrategias para la conservación *in situ* y *ex situ*, orientadas al mantenimiento de la diversidad biológica en Honduras, dentro del proyecto de Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción (ENBPA).

Como se mencionó anteriormente, en Honduras la población de *R. digbyana* ha disminuido grandemente, como lo revela estudios realizados por el Herbario Paúl C. Standley de Zamorano en 1991, en la que solamente fueron encontradas nueve plantas en la zona que actualmente se reconoce como su hábitat (Linares, 1992)

La aplicación de la biotecnología ha sido de gran beneficio en la conservación de esta especie. Actualmente, el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de Zamorano ha logrado propagar en forma masiva esta especie, lo que ha permitido obtener una gran cantidad de plantas, logrando de esta forma conservarla, y planificar la producción y

distribución, para su difusión y mantenimiento en bosques de parques nacionales, jardines botánicos y escuelas.

Estos estudios son de gran importancia y han logrado que la *Rhyncholaelia digbyana* se conserve para hacerle frente a la situación de peligro que afronta, manteniendo de esta forma el valor simbólico y estético que representa en Honduras.

2.6 ESTUDIO DE COSTOS

2.6.1 Definición de costo

Costo de producción es el valor del conjunto de insumos o factores de producción utilizados en un proceso productivo con el fin de obtener un producto, trabajo o servicio (Alonso y Serrano, 1991).

2.6.2 Importancia del análisis de costos

Muchas empresas además de calcular sus costos totales, definen el costo unitario para cada producción. El *costo unitario promedio* puede calcularse dividiendo los costos totales incurridos durante un período determinado entre el número de unidades producidas. El objetivo básico del análisis de costos es la determinación correcta del costo unitario, el cual es muy relevante para la toma de decisiones, como pueden ser la reducción del costo, que trae consigo la información amplia y oportuna para el control de las operaciones y de los gastos (Lafacu, 2002).

Teniendo como meta la generación de ganancias, las empresas buscan colocar sus productos en el mercado fijando precios adecuados y basándose generalmente en la información que los costos de producción les brindan. Es por esto que el análisis apropiado del costo de producción es fundamental para la administración y conducción económica de una empresa o actividad individual (Aspiolea y Pérez, 1999).

Para Lere (1979; citado por Lara, 2001) los costos de los productos son los que más influencia tienen en la determinación de su precio de venta. Siendo uno de los objetivos empresariales incrementar sus beneficios. Una forma de maximizar las ganancias es vía la reducción de costos.

2.6.3 Elementos del costo de producción

Los elementos del costo de un producto que frecuentemente se toman en consideración para la determinación del costo total del mismo son: materiales directos, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación (Polimeni *et al.*, 2001).

2.6.3.1 Materiales. Son los principales recursos usados en la producción; son aquellos insumos que se transforman para la obtención de bienes terminados con la adición de la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. El costo de los materiales se divide en materiales directos e indirectos.

Materiales directos. Son aquellos que podemos identificar en el proceso de fabricación del producto y representan el principal costo de materiales en la elaboración de un producto. También se les conoce como materia prima. Un ejemplo es la madera aserrada que se utiliza en la elaboración de escritorios.

Materiales indirectos. Se involucran en la elaboración del producto, pero no son materiales directos. Están incluidos como costos indirectos de fabricación. Un ejemplo son los materiales o suministros utilizados para la operación de la empresa, como ser materiales de limpieza, suministros de mantenimiento y reparaciones, etc.

2.6.3.2 Mano de obra. Es el esfuerzo físico o mental utilizado en la fabricación de un producto. También se dividen en mano de obra directa e indirecta.

Mano de obra directa. Es la mano de obra necesaria para convertir la materia prima en el producto final. Los costos de mano de obra directa son aquellos que pueden asignarse específicamente a un producto y que varían con el número de producto elaborado, por lo que guardan una relación directa con el nivel de producción. Los salarios y costos relacionados con los operarios, ya sea que hagan el montaje, manejo de máquinas, o trabajen con herramientas en el proceso de producción, se les consideraría costos directos de mano de obra.

Mano de obra indirecta. Representa los sueldos y salarios pagados a empleados que no trabajan directamente en el producto mismo, pero cuyos servicios se relacionan con el proceso de producción, tales como los supervisores, guardianes, personal de mantenimiento, capataces, camioneros, etc.

Según Alonso y Serrano (1991), para el cálculo del costo de mano de obra se debe tomar en cuenta:

- Sueldos y salarios
- Transporte de personal
- Seguridad social a cargo de la empresa
- Primas y complementos
- Cargas sociales
- Gratificaciones al personal
- Parte promocional de mensualidades extraordinarias
- Compensaciones salariales
- Costos del departamento del personal
- Aportaciones a sistemas de pensión

2.6.3.3 Costos indirectos de fabricación. Son llamados también *gastos generales de fabricación* y están constituidos por todos los costos que no se identifican directamente con el producto elaborado. Sus categorías son los materiales indirectos, la mano de obra indirecta y gastos generales de fábrica; estos últimos incluyen depreciación del edificio y equipo de la fábrica, alquiler, impuestos, servicios públicos, calefacción, herramientas, amortización, y seguros de los activos utilizados en el proceso productivo.

A la combinación de la mano de obra directa y los gastos generales de fabricación se le conoce como *costo de conversión o costo de procesamiento*, porque son los costos incurridos en la conversión o procesamiento de las materias primas en los productos terminados (Polimeni *et al.*, 2001).

2.6.4 Clasificación de los costos

Según Lafacu (2002), los costos pueden clasificarse de acuerdo con varios enfoques:

2.6.4.1 De acuerdo con la función que cumplen:

A. Costos de producción. Son los que se generan en el proceso de transformación de la materia prima en un producto terminado, por ejemplo la materia prima, mano de obra y gastos de fabricación indirectos.

En el aspecto económico Alonso y Serrano (1991) clasifican los costos totales de producción en fijos y variables, variando de acuerdo al volumen producido.

Costos fijos. Los que permanecen invariables independientemente del volumen de producción. Se les conoce también como costos de estructura y permanecen constantes mientras no se modifique la estructura de la empresa. Ej.: alquiler de la fábrica, cargas sociales de operarios mensualizados.

Costos variables. Son aquellos que cambian de acuerdo con el volumen de producción. Ej.: Materiales y mano de obra directa.

B. Costos de distribución o ventas. Son los costos incurridos por el área que se encarga de trasladar el producto desde la empresa hasta el último consumidor.

C. Costos administrativos. Son aquellos que incurren en la dirección, control y operación de la empresa. Incluyen el pago por salarios a la gerencia y personal de oficina, costos ocasionados por las oficinas generales y de ejecutivos, costos de investigación, desarrollo de ingeniería, gastos de relaciones públicas y renglones varios (Polimeni *et al.*, 2001).

2.6.4.2 De acuerdo a la relación entre los factores y productos:

A. Costos directos. Son los que se asignan directamente a un proceso, producto, trabajo o cualquier otra sección del negocio. Ej.: materiales y mano de obra consumidos por un trabajo determinado.

B. Costos indirectos. Son aquellos cuya asignación no puede atribuirse directamente a los diferentes procesos y trabajos, por lo que su costo se distribuye entre los centros, secciones o productos del negocio. Ej.: sueldo del gerente de planta, alquileres, gastos de oficina, seguros, impuestos, reparaciones, limpiezas, etc.

Los costos indirectos se convierten en costos asignados puesto que deben asignarse, cargarse, o aplicarse a procesos, productos, trabajos u otras secciones del negocio. Esta asignación implica una base o índice que refleje la manera en que se usa el costo indirecto; por ejemplo, la depreciación total de una planta puede cargarse a los departamentos dentro de la misma planta sobre la base del espacio que estos ocupan. También pueden determinarse tasas de aplicación de los costos indirectos en base a unidades de producción, costos de los materiales, costo de mano de obra directa y horas de mano de obra directa en los procesos de producción (Polimeni *et al.*, 2001).

Esta asignación depende de los criterios en la empresa, y es por ello que entre mayor sea la proporción de costos totales que se clasifiquen como directo, más precisos serán los costos analizados (Santafé-Sucursal virtual, 2002).

2.6.5 Costo horario de funcionamiento del equipo

Según Alonso y Serrano (1991) implica el costo de equipo por cada unidad de tiempo que se utilice. En este costo intervienen:

Costos fijos. Compuesto por la amortización, intereses de capital invertido, reparaciones y mantenimiento, alojamiento y los seguros e impuestos.

Costos variables. La cantidad de energía utilizada y de lubricantes.

2.6.6 Los costos y la administración empresarial

Una vez que la empresa cuenta con una estructuración adecuada de sus costos de producción, se asegura el buen control y análisis, que brinde la mejor información para la planeación y toma de decisiones. El análisis de los costos de producción facilita la excelente administración de la empresa (Lafacu, 2002).

Para Polimeni *et. al.* (2001) los datos de costos proporcionan la información necesaria para el costeo de bienes fabricados y la asignación de estos costos al inventario final y el costo de producción de los bienes vendidos. La información de costos es muy importante en las políticas de fijación de precios.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micropropagación (LCTM) de Zamorano, Honduras.

3.2 MATERIALES PARA LA INVESTIGACIÓN TÉCNICA

3.2.1 Material vegetal

El material vegetal utilizado fue producto de la siembra de embriones inmaduros de tres cápsulas (A, B y C) de *R. digbyana* polinizadas manualmente. Las cápsulas utilizadas fueron cosechadas el mismo día, y similares en peso y tamaño (Cuadro 1):

Cuadro 1 Ancho, longitud y peso de cápsulas de *Rhyncholaelia digbyana* utilizada para la germinación *in vitro* de embriones. Zamorano, Honduras, 2001.

Cápsula	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Peso (g)
A	4.0	7.1	30.95
B	3.7	6.7	28.38
C	4.0	6.9	31.16

Fuente: Lara, A. 2001. Análisis de costos de producción *in vitro* y mercadeo de orquídeas en Zamorano.

Las cápsulas de *R. digbyana* fueron cosechadas seis meses después de la polinización cruzada, la que fue realizada en el orquideario del señor Antonio Membreño, ubicado el valle de Zamorano, Honduras.

3.2.2 Medio de cultivo

Se utilizó el medio de cultivo de la formulación Murashige y Skoog (1962) modificado para la fase de multiplicación *in vitro* de orquídeas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medio Murashige y Skoog (1962) modificado utilizado para la multiplicación *in vitro* de orquídeas. Zamorano, Honduras, 2002.

Macroelementos	Concentración final en el medio de cultivo (mg/L)	Solución madre 10X (mg/L) Disolver en 1L de agua destilada	mL de solución madre 10X por litro de medio
(NH) ₄ NO ₃	440	4,400	
KNO ₃	170	1,700	
CaCl ₂ *2H ₂ O	1,900	19,000	100
MgSO ₄ *7H ₂ O	370	3,700	
KH ₂ PO ₄	1,650	16,500	
Microelementos	Concentración final en el medio de cultivo (mg/L)	Solución madre 1,000X (mg/L) Disolver en 1L de agua destilada	mL de solución madre 1,000X por litro de medio
H ₃ BO ₃	6.200	6,200	
CoCl ₂ *6H ₂ O	0.025	25	
CuSO ₄ *5H ₂ O	0.025	25	
KI	0.830	830	1.0
MnSO ₄ *4H ₂ O	22.300	22,300	
Na ₂ MO ₄ *2H ₂ O	0.250	250	
ZnSO ₄ *7H ₂ O	8.600	8,600	
Solución de hierro	Concentración final en el medio de cultivo (mg/L)	Solución madre 200X (mg/L) Disolver en 1L de agua destilada	mL de solución madre 1,000X por litro de medio
FeNaEDTA	50	10,000	5.0

Continuación Cuadro 2:

Vitaminas	Concentración final en el medio de cultivo (mg/L)	Dilución¹	mL de solución madre por litro de medio
Ácido nicotínico	0.01	1:1	0.01
Pantotenato	1.00	1:100	1.00
Sulfato de adenina	5.00	1:1	5.00
Biotina	1.00	1:10,000	1.00
Piridoxina	0.01	1:1	0.01
Tiamina	0.10	1:1	0.10
Inositol	100.00	1:1	100.00
Caseína hidrolizada	1.00	1:1	1.00

Otros	mg/L	Procedimiento	Cantidad por litro de medio
Cisteína ²	10.0	100 mg/100 mL ¹	10 mL
Pulpa de banano	25,000.0	Pesar en la balanza, licuarlo y agregar al medio	100 g
Sacarosa	30,000.0	Pesar en la balanza y agregar directamente al medio	30 g
BAP	1.0	100 mg/100 mL ¹	1.0 mL (1 ppm)
AIA	1.0	100 mg/100 mL ¹	1.0 mL (1 ppm)
Phytigel ³	2,800.0	Calentar el medio para su disolución	2.50 g (medir pH antes)
pH			5.8

Fuente: Espinal- Rueda (2002). Guía de lecturas y prácticas de módulo. Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micropropagación (LCTM). Zamorano, Honduras.

¹ Dilución de 1:1 (1.0 mL de solución contenía 1.0 mg de producto).

² Antioxidante

³ Agente gelatinizante

3.2.3 Equipo, cristalería e instrumentos

La cristalería e instrumentos fueron lavados, desinfectados y esterilizados para mantener las más óptimas condiciones de asepsia y evitar problemas de contaminación. El equipo fue calibrado y manejado para la correcta ejecución de los procesos involucrados en el estudio.

Equipo:

Horno	Licuadora
Balanza de precisión	Potenciómetro
Microondas	Autoclave
Cámaras de flujo laminar	

Herramientas, cristalería y otros suministros:

Beakers	Tapaderas	Base de vidrio
Balones aforados	Atomizadores	Guantes quirúrgicos
Pipetas de precisión	Parafilm	Pinzas
Probetas	Marcador	Mecheros
Platos de Petri	Mascarillas	Rociadores
Frascos (4 onz.)	Toallas de papel	Bandejas
Jeringa dosificadora		

3.3 PROCEDIMIENTOS PARA LA GERMINACIÓN ASIMBIÓTICA DE EMBRIONES DE ORQUÍDEAS *IN VITRO*

Las cápsulas de *Rhyncholaelia digbyana* obtenidas del orquideario del Sr. Membreño, fueron sometidas a desinfección y extracción de embriones, los que fueron sembrados en el medio de iniciación o establecimiento, el cual fue preparado con anterioridad. Los procesos de preparación del medio de establecimiento y protocolo para la desinfección de cápsulas, y siembra de embriones de orquídeas, pueden observarse en el estudio realizado por Lara (2001).

3.4 PROCEDIMIENTO PARA LA MULTIPLICACIÓN *IN VITRO* DE ORQUÍDEAS

Para evaluar la tasa de multiplicación fue necesario realizar cinco subcultivos, a intervalos de dos meses entre cada uno. Se continuó con las evaluaciones realizadas por Lara (2001) a partir del subcultivo uno hasta finalizar en el subcultivo cinco de multiplicación de *R. digbyana*. El procedimiento para la producción de orquídeas *in vitro* es el siguiente:

3.4.1 Flujo de actividades

Representa las actividades de producción *in vitro* de orquídeas dentro del LCTM de Zamorano (Figura 1).

FLUJO DE ACTIVIDADES

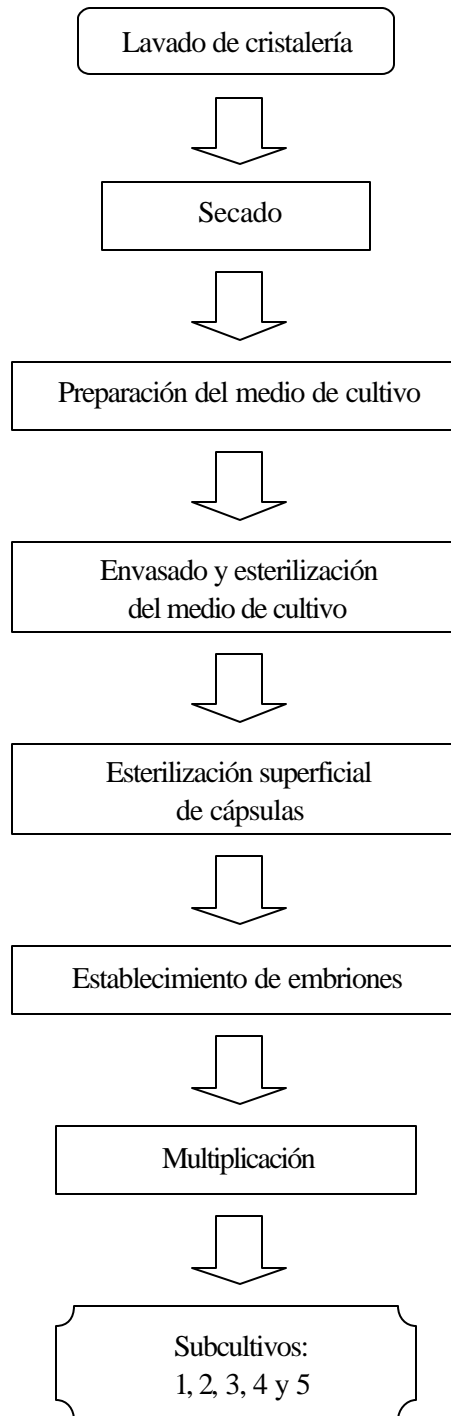


Figura 1. Diagrama de actividades para la producción *in vitro* de *R. digbyana*, en el LCTM de Zamorano. Zamorano, Honduras, 2002.

3.4.2 Preparación para el medio de multiplicación

Para la etapa de multiplicación se empleó la formulación de Murashige y Skoog (1962) modificado, que es el utilizado actualmente por el LCTM de Zamorano (Cuadro 2). Se tuvo mucho cuidado en agregar los componentes para realizar una adecuada mezcla y ser distribuidos en los frascos. El medio se dispensó a razón de 20 ml por frasco. Finalmente fue esterilizado haciendo uso del autoclave a 121°C y 15 psi de presión durante 20 minutos.

3.4.3 Multiplicación

El tiempo requerido para transferir los frascos con vitroplántulas de la etapa I de establecimiento a la etapa II de multiplicación, varía de un género a otro. En el caso de *R. digbyana* este tiempo es de aproximadamente dos meses. Los embriones deben presentar protocormos de color verde, cubriendo la mayor cantidad posible del espacio en el frasco.

3.4.4 Subcultivos

La transferencia de las vitroplántulas de un subcultivo a otro, se lleva a cabo cuando las mismas presentan un desarrollo óptimo para su multiplicación y crecimiento. El nuevo frasco con medio de multiplicación contiene los nutrientes en las cantidades adecuadas para su desarrollo. Constantemente se debe observar las vitroplántulas para evaluar su desarrollo en los diferentes subcultivos. La cantidad de vitroplántulas transferidas disminuirá de un subcultivo a otro, esto con el fin de favorecer el desarrollo óptimo y reducir la competencia, permitiendo de esta forma un buen crecimiento y desarrollo de las vitroplántulas, para que al final del proceso puedan ser aclimatadas en los invernaderos y continuar su desarrollo en las condiciones ambientales adecuadas.

3.4.5 Procedimiento para la multiplicación y transferencia de subcultivos

1. La cámara de flujo laminar fue encendida 30 minutos antes de realizar las transferencias, para asegurar un ambiente estéril. Luego se desinfectó la cámara con alcohol preparado al 70% previo a comenzar la multiplicación.
2. El mechero, los botes con agua destilada, los platos Petri, y las tres pinzas a utilizar, se desinfectaron con alcohol al 70%.
3. Los frascos con vitroplántulas procedentes del cuarto de crecimiento fueron rociados con alcohol al 70% antes de introducirlos a la cámara de flujo laminar.
4. El sellado de Parafilm fue removido de los frascos, para luego abrir el frasco lo más cerca posible del mechero y mantenerlo cerrado con el papel aluminio.
5. Las pinzas deben ser flameadas y luego se pasan por agua destilada para enfriarla y evitar dañar las vitroplántulas al sacarlas. Luego colocamos las vitroplántulas en un plato Petri o base de vidrio.
6. Las plántulas fueron separadas con la ayuda de dos pinzas pequeñas limpiándoles del medio de cultivo anterior.

7. El frasco con medio de cultivo fresco debe abrirse cerca del mechero para evitar contaminación y se mantiene cerrado con papel aluminio hasta que se coloquen las nuevas plántulas.
8. Las vitroplántulas fueron colocadas en el frasco con medio de multiplicación (Cuadro 2), el cual se tapa con papel aluminio y luego sellado con Parafilm.
9. Cada frasco fue marcado identificando la cápsula, el número de frasco, fecha y especie de la orquídea (Anexo 1).

3.4.6 Registro de frascos

En cada subcultivo los frascos son registrados, mediante marcas que identifican la especie, cápsula, número de frasco y fecha de siembra (Anexo 1). El número o serie de marcaje aumenta al transferir las vitroplántulas a un subcultivo mayor, lo que refleja la multiplicación de unidades a partir de cada frasco transferido. El registro permite llevar el control de frascos que se transfieren de un subcultivo a otro y así poder evaluar la tasa de multiplicación.

Se realizaron cinco subcultivos hasta donde las vitroplántulas mostraron un desarrollo adecuado y estabilidad genética, misma que fue apreciada al observar uniformidad en el desarrollo, crecimiento, coloración y al no observarse ningún caso de mutación, que afectara la variabilidad de las vitroplántulas. Luego de finalizar la etapa de multiplicación en sus cinco subcultivos, las vitroplántulas pueden ser trasladadas a las condiciones de invernadero, y continuar su desarrollo fuera de los frascos y cámaras de crecimiento dentro del laboratorio.

3.4.7 Aclimatación

La aclimatación de orquídeas consiste en extraer cuidadosamente las vitroplántulas del frasco, separarlas y colocarlas en un recipiente con agua para remover el agar de las raíces de la planta. Las plántulas ya lavadas se siembran en contenedores o bandejas múltiples. Una vez sembradas, las bandejas deben ser regadas adecuadamente e identificadas con el nombre de la especie y fecha de siembra. Luego se colocan los contenedores o bandejas múltiples dentro de cámaras de plástico para la aclimatación. En estas cámaras, los contenedores o las bandejas permanecerán durante tres semanas. Al iniciar la cuarta semana, las plántulas ya aclimatadas se remueven de las cámaras de plástico y se trasladan a otro invernadero bajo las condiciones apropiadas de luz, temperatura y ventilación. Las plántulas ya aclimatadas continuarán su desarrollo en los invernaderos hasta eventualmente ser comercializadas.

3.5 TASA DE MULTIPLICACIÓN (TM)

La tasa de multiplicación indica la cantidad de frascos con vitroplántulas que se pueden obtener de un frasco, al realizar la transferencia entre subcultivos y etapas anteriores.

3.5.1 Tasa de Multiplicación Real (TMR)

Representa la cantidad de frascos con vitroplántulas obtenidos a partir de un frasco, en la transferencia de una etapa a otra.

3.5.2 Tasa de Multiplicación Efectiva (TME)

Representa la cantidad de frascos con vitroplántulas obtenidos a partir de un frasco, en la transferencia de una etapa a otra, a excepción de los frascos perdidos por contaminación y mortalidad.

3.5.3 Tasa de Multiplicación Real Final y Efectiva Final (TMRF y TMEF)

Indica la cantidad máxima de frascos con vitroplántulas que se obtuvieron al finalizar el quinto subcultivo (S5) a partir de cada frasco de la etapa inicial o establecimiento.

3.6 EVALUACIÓN DE LA TASA DE MULTIPLICACIÓN

Se evaluó la TMR y TME para cada etapa y al final de toda la fase de multiplicación.

Para el cálculo de la TMR se tomaron en cuenta el número total de frascos que se transfirieron de un subcultivo a otro y en todo el proceso de multiplicación.

La ecuación siguiente define el cálculo de TMR:

$$\text{TMR} = \frac{\text{No. total de frascos transferidos}}{\text{No. de frascos de la etapa anterior}}$$

$$\text{TMRF} = \frac{\text{No. total de frascos transferidos al final del S5}}{\text{No. de frascos establecidos en la etapa inicial (I)}}$$

*Ver ejemplo de cálculo de TMR y TMRF en el anexo 2.

Para el cálculo de la TME se tomaron en cuenta el número de frascos transferidos no contaminados de un subcultivo a otro y en todo el proceso de multiplicación.

$$\text{TME} = \frac{\text{No. total de frascos transferidos no contaminados}}{\text{No. de frascos transferidos en la etapa anterior}}$$

$$\text{TMEF} = \frac{\text{No. total de frascos no contaminados al final de S5}}{\text{No. de frascos establecidos en la etapa inicial (I)}}$$

*Ver ejemplo de cálculo de TME y TMEF en el anexo 3.

3.7 EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS

En cada etapa y subcultivo se realizó un manejo constante de los frascos que se contaminaban y de vitroplántulas muertas. El cálculo del total de pérdidas resulta de la suma de los frascos contaminados y los frascos con vitroplántulas muertas en cada subcultivo y el total al final de todo el proceso de multiplicación.

El cálculo de pérdidas totales al final del S5 es lo más importante, porque nos indica la cantidad de frascos que se pierden en el proceso. Esto nos permite calcular la tasa multiplicación efectiva final (TMEF) en la producción *in vitro* de *R. digbyana*.

El promedio total de pérdidas (PTP) se obtuvo sumando el número de frascos con contaminación y muerte, hasta el final del S5, dividiéndolos por el número de transferencias realizadas (establecimiento, transferencia y 5 subcultivos).

$$\text{PTP} = \frac{\Sigma (\text{Frascos contaminados} + \text{Frascos con vitroplántulas muertas}) \text{ hasta el S5}}{\text{No. de transferencias realizadas}}$$

*Ver ejemplo de cálculo de PTP en el anexo 4.

3.8 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN *IN VITRO*

Los costos fueron registrados según se realizaban las diferentes transferencias de una etapa y subcultivo a otro, tomando en cuenta los costos de mano de obra directa (MOD), materiales directos y los costos indirectos para los diferentes procesos llevados a cabo en la micropropagación de *R. digbyana*.

Para la mano de obra, se registraron los tiempos de trabajo en las diferentes actividades de acuerdo con el estudio de tiempos y movimientos. El uso de materiales se registró de acuerdo al gasto de cada uno en los diferentes procesos y en cada etapa de transferencia realizada por cápsula. Los costos indirectos son asignados basándose en la cantidad de horas de trabajo realizada por la mano de obra directa en las actividades de la producción *in vitro* de *R. digbyana*.

Se definió el costo del medio de cultivo para multiplicación de orquídeas, tiempo en realizar las actividades de transferencia y traslado a cuarto de crecimiento, y las diferentes actividades que requieren estos procesos.

Los costos incurridos en el desarrollo de las actividades de producción de *R. digbyana*, fueron categorizados en costos variables y costos fijos. Dentro de los costos variables se encuentran los costos de mano de obra directa, materiales directos o materia prima y la energía eléctrica.

Para calcular el costo de mano de obra, se definió la cantidad de horas de MOD utilizadas en el proceso de establecimiento y multiplicación, y el valor en dólares para cada hora de MOD.

Fue necesario definir el valor en dólares del sueldo de MOD, FOSovi, transporte, cesantía, seguro de vida, que son cuentas en las que incurre el personal del LCTM, las que son contabilizadas por la administración. El valor por cada hora se definió de acuerdo al valor anual que en estas categorías se incurre, dividiéndolos para el total de horas de jornada laboral en el LCTM de Zamorano, según el estudio de tiempos y movimientos (Anexo 5).

$$\text{Sueldo del personal (US\$/ hr)} = \frac{\Sigma \text{ de sueldo anual en US\$ para el personal del LCTM}}{\text{No. de horas anuales de jornada laboral en el LCTM según el estudio de tiempos y movimientos}}$$

El valor de cada hora de MOD se obtiene de la siguiente sumatoria:

$$\text{MOD / hr} = \text{Sumatoria } (\Sigma) \text{ del valor en US\$ por hora de sueldos, FOSovi, Transporte, cesantía y seguro de vida.}$$

* Ver ejemplo de cálculo de MOD / hr en el anexo 6.

Una vez obtenidos el valor de MOD por cada hora y el número de horas de MOD utilizadas en la producción *in vitro* de una cápsula de *R. digbyana*, podemos calcular el costo de mano de obra directa, de la forma siguiente:

$$\text{Costo de MOD (US\$/hr)} = [(\text{No. total de horas MOD / cápsula}) * (\text{US\$ MOD/ hr})]$$

* Ver ejemplo de cálculo del Costo de MOD en el anexo 7.

A este valor le fue sumado el costo de lavado y secado de frascos realizado por el personal de limpieza y aseo del LCTM.

Para el cálculo de horas de MOD, se registró el tiempo efectivo en que se realizó cada una de las actividades en la producción *in vitro* de *R. digbyana*, mediante el estudio de tiempos y movimientos (Anexo 8a y 8b). Esto nos permite establecer estándares de tiempo y costo en la ejecución de actividades. El personal del LCTM ejecuta todas las actividades de la producción *in vitro* en un 95% de eficiencia que equivale a 4,480 horas anuales de trabajo de un máximo posible de 4,720 horas.

La materia prima fue definida según su uso durante los procesos de establecimiento y multiplicación de cada cápsula.

Como costos fijos se toman en cuenta los costos indirectos de producción *in vitro* para las actividades del LCTM. Para fines de este estudio, se utilizó los valores de costos indirectos según el presupuesto ejecutado en el año 2001. Se definió el valor de cada una de sus categorías tomando en cuenta el número de horas de MOD, ya que este representa el factor más influyente en la generación de costos y mediante el cual se da la utilización de los costos indirectos en las diferentes actividades en el LCTM de Zamorano.

El valor de los costos indirectos se obtiene dividiendo la sumatoria del gasto total anual en cada categoría, entre el número total de horas de MOD anual existentes en el LCTM, según el estudio de tiempos y movimientos (Anexo 13, 14 y 15). Este valor representa la tasa de aplicación de costos indirectos en US\$ por cada hora de MOD que se utiliza (Anexo 9).

$$\text{Tasa de aplicación de costos indirectos por hora de MOD} = \frac{\text{? de costos indirectos de producción}}{\text{No. total de horas anuales de MOD según el estudio de tiempos y movimientos}}$$

(US\$/hr)

La tasa de aplicación de costos indirectos se multiplica por el número total de horas de MOD utilizadas en la producción *in vitro* de cada cápsula de *R. digbyana*, para la obtención del valor de costos indirectos de producción.

$$\text{Costos indirectos (US\$)} = (\text{Horas de MOD / cápsula}) * (\text{Tasa de aplicación US\$/hr})$$

* Ver ejemplo de cálculo de costos indirectos de producción en el anexo 10.

Además se definió el valor de gastos administrativos del laboratorio para la producción de *R. digbyana*, según el tiempo dedicado a la ejecución del estudio. Se tomó en cuenta el porcentaje de tiempo dedicado por la administración del LCTM a la elaboración de propuestas y supervisión de actividades relacionadas a la producción *in vitro* de *R. digbyana*

El total de costos resultó de la suma de costos variables, de costos fijos y gastos administrativos.

Finalmente, se calculó el costo unitario promedio para cada cápsula de *R. digbyana* dividiendo los costos totales entre el número de frascos obtenidos al final del S5, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Costo unitario promedio} = \frac{\text{Costos totales en US\$}}{\text{No. de frascos obtenidos}}$$

* Ver ejemplo de cálculo del costo unitario promedio por frasco en el anexo 11.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ESTABLECIMIENTO, TRANSFERENCIA A MULTIPLICACIÓN Y SUBCULTIVOS

Se realizó la siembra o establecimiento de embriones y cinco subcultivos para la multiplicación de tres cápsulas (A, B y C) de *R. digbyana*. Las etapas de establecimiento, transferencia a multiplicación y subcultivo 1 (S1) fueron realizadas en el estudio desarrollado por Lara (2001). Se continuó la etapa de multiplicación a partir del S1 hasta el S5. Se obtuvo la tasa de multiplicación, el porcentaje de pérdidas producto de la contaminación y mortalidad de vitrolántulas.

Se observó un crecimiento y desarrollo lento de las vitrolántulas influenciado por el bajo aprovechamiento de luz, ya que el papel aluminio utilizado para la cobertura de los frascos no permite un adecuado paso de luz.

La multiplicación de frascos en el S2 y S3 se realizó con el total de unidades que existían al final de la etapa de transferencia a multiplicación (M) y S1, respectivamente. La transferencia a S4 y S5 fue realizada con frascos que provenían de una muestra representativa del S3 y S4, respectivamente. Este nuevo método de evaluación fue utilizado porque se disponía de poco espacio en el cuarto de crecimiento, y por el escaso tiempo y mano de obra existente en el LCTM para llevar a cabo el estudio. Para la muestra se seleccionaron 75 frascos aleatoriamente, ya que estadísticamente una muestra con 30 o más unidades es representativa de la población a la que se infieren los resultados. Los frascos de la muestra fueron transferidos al siguiente subcultivo, evaluando así la tasa de multiplicación para el S4 y S5. Los resultados fueron extrapolados según la cantidad de frascos existentes hasta el S3, para evaluar los resultados que realmente deberían obtenerse en el S4 y S5.

4.1.1 Cápsula A

Se establecieron 57 frascos, los que fueron transferidos a la etapa de multiplicación, donde se obtuvo de cada uno aproximadamente 4.33 frascos, para un total de 247 frascos en la transferencia a multiplicación (Cuadro 3). Para el S1 se obtuvieron 349 frascos, donde solamente el 66% o 232 frascos pudo ser transferido al S2. Continuando con la multiplicación, se transfirieron 680 frascos en el S2 a partir de los cuales continuó la multiplicación hasta el S3, donde se obtuvo 958 frascos. La sobrevivencia al final del S3 fue de más del 91% (879 frascos). Para la medición de la TM en el S4 se tomó al azar 75 frascos del S3, los que se transfirieron a S4 con lo que se logró extrapolar a 2,234 frascos para evaluar la cantidad que realmente debía obtenerse, de estos solamente habrían sobrevivido 2,087. Nuevamente se seleccionó una muestra representativa de 75 frascos del S4 para hacer la transferencia a S5, en esta etapa se obtendrían 5,092 frascos. La contaminación causó pérdidas cercanas al 6%

Cuadro 3. Número de frascos iniciales y finales en la etapa de establecimiento, transferencia a multiplicación, y subcultivo 1 al 5, para cada cápsula de *Rhyncholaelia digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

Numero de frascos														
Etapa														
Cápsulas	I		II											
	Siembra de embriones		Transferencia a etapa II		S1		S2		S3		S4		S5	
	Inicio*	Final**	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
A	61	57	247	169	349	232	680	405	958	879	2,234	2,087	5,092	4,800
B	41	41	198	151	410	299	766	653	1,405	1,162	3,925	3,155	8,676	8,052
C	63	60	319	237	649	455	1,206	1,042	2,191	1,956	7,684	7,321	16,545	15,888
TOTAL	165	158	764	557	1,408	986	2,652	2,100	4,554	3,997	13,843	12,563	30,313	28,740
PROMEDIO	55	53	255	186	469	329	884	700	1,518	1,332	4,614	4,188	10,104	9,580

* Número de frascos totales sembrados en cada etapa.

** Número de frascos al final de cada etapa, eliminando los contaminados y los frascos con material muerto. Son los utilizados para la transferencia a otra etapa.

por lo que la cantidad de frascos disponibles al final de S5 sería de 4,800 unidades.

4.1.2 Cápsula B

Se establecieron 41 frascos, los que fueron transferidos en su totalidad (0% de pérdidas) a la etapa de multiplicación (Cuadro 3). De esta cantidad se obtuvo 198 frascos que continuaron su transferencia a S1, donde sobrevivió el 73% (299 frascos), con los cuales se obtuvo 766 frascos al ser transferidos al S2. Para el final del S3 se obtuvieron 1,162 frascos. Se seleccionó la muestra de 75 frascos de S3 tomados al azar para continuar con la multiplicación a S4, al final del S5 se logró extrapolar la cantidad de 8,676 frascos, acumulando hasta esta etapa una tasa de multiplicación de aproximadamente 212 unidades por cada frasco sembrado en la fase de establecimiento. La sobrevivencia al final del S5 sería aproximadamente del 93%.

4.1.3 Cápsula C

Se establecieron 63 frascos de la cápsula C. De éstos se perdieron tres frascos por muerte de material al final de la etapa de establecimiento (Cuadro 3). A partir de cada uno de los 60 frascos que sobrevivieron se obtuvo 5.32 frascos en la etapa de transferencia a multiplicación logrando un total de 319 frascos, de los que solamente el 74% pudo sobrevivir al ataque de hongos, estos fueron transferidos a S1, obteniendo 649 frascos. La contaminación incrementó a casi el 30% por lo que la cantidad de frascos disponible para la transferencia a S2 fue de 455 unidades. Se lograron transferir 1,206 frascos en el S2, de esta cantidad sobrevivieron 1,042 frascos que fueron transferidos al S3. La etapa de multiplicación continuó con la selección de la muestra de S3, para extrapolar al final del S4 7,321 frascos y luego finalizar con 16,545 frascos en el S5, de estos hubo un 4% de contaminación, por lo que la cantidad de frascos disponibles sería de 15,888.

4.1.4 Promedio por cápsula

El promedio de frascos obtenidos por cápsula en la etapa de establecimiento fue de 55, de los cuales se perdieron en promedio 2 frascos (Cuadro 3). De cada uno de los 53 frascos obtenidos al final del establecimiento fueron traspasados 4.83 frascos en promedio, para un total de 255 frascos que luego siguieron la transferencia a la etapa de multiplicación. Al finalizar la transferencia a multiplicación se obtuvo un promedio de sobrevivencia aproximado al 97% que resultó en 186 frascos, que fueron transferidos a S1, a una tasa promedio de 2.51 frascos por cada uno, lo que equivalió a 469 frascos en el S1. Para el traspaso a S2 se obtuvo un promedio de 884 frascos resultado de transferir 329 frascos del S1. En el S2 de los 884 frascos solo sobrevivieron 700, los que fueron transferidos a S3, a una tasa de 2.21 unidades por frasco, obteniendo 1,518 frascos. Con el nuevo método de evaluación fueron tomadas las muestras dando como resultado la transferencia promedio de 1,332 frascos del S3 para obtener al final del S4 4,188 frascos, resultado de un 90% de sobrevivencia. Estas cantidades también fueron extrapolados para obtener finalmente la cantidad promedio de 10,104 frascos en el S5. La pérdida promedio al final de esta etapa fue cercana al 6%, por lo que la cantidad promedio de frascos obtenidos por una cápsula de *Rhyncholaelia digbyana* al final del S5 sería de 9,580 unidades.

4.2 TASA DE MULTIPLICACIÓN (TM)

Se evaluó la TMR y TME entre cada etapa y al final de proceso de producción *in vitro* para cada una de las cápsulas de *R. digbyana*. La TM obtenida al final del S5 difiere de una cápsula a otra (Cuadro 4 y 5).

4.2.1. Cápsula A

Como se puede apreciar en los Cuadros 4 y 5, para esta cápsula la TMRF fue de aproximadamente 89 frascos por unidad, lo que indica que de cada frasco sembrado en la etapa de establecimiento podemos obtener 89 frascos al final del quinto subcultivo (S5). La TMEF nos dice que por efecto de la contaminación y muerte la TMRF se reduce a 84 frascos.

4.2.2 Cápsula B

La TMRF muestra que por cada frasco que sea establecido en la etapa I, se podrán obtener 212 al final del S5. La TMEF fue de 196 frascos (Cuadro 4 y 5).

4.2.3 Cápsula C

La TMRF para la cápsula C fue de 276 frascos, es decir que por cada uno de los 60 frascos establecidos, obtuvimos 276 frascos. La pérdidas de frascos principalmente por contaminación hicieron bajar a una TMEF de 265 frascos (Cuadro 4 y 5).

4.2.4 Promedio por cápsula

En promedio la cantidad de frascos con vitroplántulas que se obtuvieron al final del S5 de la etapa II o de multiplicación, fue de 192 unidades por cada frasco en la etapa I de establecimiento (Cuadro 4 y 5).

Cuadro 4. Tasa de Multiplicación Real y Efectiva al final del subcultivo 5 (TMRF y TMEF) para cada cápsula de *Rhyncholelia digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

	Etapa				TMRF	TMEF
	I	II				
Cápsula	Siembra de embriones	S5 inicio	S5 final*			
A	57	5,092	4,800	89	84	
B	41	8,676	8,052	212	196	
C	60	16,545	15,888	276	265	
Total	158	30,313	28,740	577	545	
Promedio	53	10,104	9,580	191	181	

* Número de frascos no contaminados al final del S5

Cuadro 5. Tasa de Multiplicación real (TMR) y Efectiva (TME) calculada entre etapas y al final (TMRF) y (TMEF) del proceso de multiplicación *in vitro* de tres cápsulas de *Rhynchoaelia digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

Cápsula A

No. de frascos establecidos = 61

Etapa	Fascos iniciales	Fascos Transferidos	TMR	TMRF	% de pérdidas	TME	TMEF
Establecimiento - Multiplicación	57	247	4.33	4.33	31.58	2.96	2.96
Multiplicación - Subcultivo 1	169	349	2.07	6.12	33.52	1.37	4.07
Subcultivo 1 - Subcultivo 2	232	680	2.93	11.93	40.44	1.75	7.10
Subcultivo 2 - Subcultivo 3	405	958	2.37	16.81	8.25	2.17	15.42
Subcultivo 3 - Subcultivo 4	879	2,234	2.54	39.19	6.58	2.37	36.61
Subcultivo 4 - Subcultivo 5	2,087	5,092	2.44	89.34	5.73	2.30	84.22

Cápsula B

No. de frascos establecidos = 41

Etapa	Fascos iniciales	Fascos Transferidos	TMR	TMRF	% de pérdidas	TME	TMEF
Establecimiento - Multiplicación	41	198	4.83	4.83	23.74	3.68	3.68
Multiplicación - Subcultivo 1	151	410	2.72	10.00	27.07	1.98	7.29
Subcultivo 1 - Subcultivo 2	299	766	2.56	18.68	14.75	2.18	15.93
Subcultivo 2 - Subcultivo 3	653	1,405	2.15	34.27	17.30	1.78	28.34
Subcultivo 3 - Subcultivo 4	1,162	3,925	3.38	95.73	19.62	2.72	76.95
Subcultivo 4 - Subcultivo 5	3,155	8,676	2.75	211.62	7.19	2.55	196.40

Continuación Cuadro 5:

Cápsula C

No. de frascos establecidos = 63

Etapa	Fascos iniciales	Fascos Transferidos	TMR	TMRF	% de pérdidas	TME	TMEF
Establecimiento - Multiplicación	60	319	5.32	5.32	25.71	3.95	3.95
Multiplicación - Subcultivo 1	237	649	2.74	10.82	29.89	1.92	7.59
Subcultivo 1 - Subcultivo 2	455	1,206	2.65	20.10	13.60	2.29	17.36
Subcultivo 2 - Subcultivo 3	1,042	2,191	2.10	36.52	10.73	1.88	32.60
Subcultivo 3 - Subcultivo 4	1,956	7,684	3.93	128.07	4.72	3.74	122.02
Subcultivo 4 - Subcultivo 5	7,321	16,545	2.26	275.76	3.97	2.17	264.81

PROMEDIO de cápsulas

No. de frascos establecidos = 55

Etapa	Fascos iniciales	Fascos Transferidos	TMR	TMRF	% de pérdidas	TME	TMEF
Establecimiento - Multiplicación	53	255	4.83	4.83	27.01	3.53	3.52
Multiplicación - Subcultivo 1	186	469	2.51	8.98	30.16	1.77	6.27
Subcultivo 1 - Subcultivo 2	329	884	2.71	16.90	22.93	2.13	13.03
Subcultivo 2 - Subcultivo 3	700	1,518	2.21	29.20	12.09	1.90	25.67
Subcultivo 3 - Subcultivo 4	1,332	4,614	3.28	87.66	10.31	3.14	78.63
Subcultivo 4 - Subcultivo 5	4,188	10,104	2.48	192.24	5.63	2.29	181.41

* TMRF obtenida al final de todo el proceso de multiplicación

** TMEf obtenida al final de todo el proceso de multiplicación (no incluye los frascos contaminados).

4.3 PROMEDIO TOTAL DE PÉRDIDAS (PTP)

Las pérdidas de frascos ocurrieron principalmente por efectos de contaminación por hongos, siendo *Aspergillus* y *Penicillium* los de mayor incidencia en el LCTM de Zamorano. La pérdida por mortalidad de vitroplántulas fue realmente pequeña y muy variable entre cada cápsula. Se calculó el Promedio Total de Contaminados (PTC) y el Promedio Total de frascos con Material Muerto (PTM). La suma de estos dos valores da como resultado el PTP (Cuadro 6).

Cuadro 6. Promedio Total de Pérdidas (PTP) de frascos al final del subcultivo 5 en la producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

Cápsula	PTC	PTM	PTP	%
A	131	11	142	18.95
B	262	11	273	15.67
C	239	4	243	13.34
Total	632	26	658	
Promedio	210	9	219	15.99

4.3.1 Cápsula A

El promedio de pérdidas fue de 131 frascos contaminados y 11 frascos con vitroplántulas muertas para la cápsula A (cuadro 7). Este total de 142 frascos representa un PTP que equivale al 18.95% del total de frascos obtenidos hasta el final del S5 en la cápsula A. Es decir que por cada 100 frascos que se transfirieron en cualquier etapa de la producción *in vitro* de *R. digbyana* se perdieron aproximadamente 19 frascos.

Cuadro 7. Pérdida de frascos por contaminación y muerte de vitroplántulas, durante la producción *in vitro* de *R. digbyana* (Cápsula A). Zamorano, Honduras, 2002.

Etapa	No. de frascos	Pérdidas			%
		Contaminados	Muertes	Total	
Establecimiento (E)	61	4	0	4	6.56
Multiplicación (M)	247	48	30	78	31.58
Subcultivo 1 (S1)	349	95	22	117	33.52
Subcultivo 2 (S2)	680	250	25	275	40.44
Subcultivo 3 (S3)	958	79	0	79	8.25
Subcultivo 4 (S4)	2,234	147	0	147	6.58
Subcultivo 5 (S5)	5,092	292	0	292	5.73
Total		915	77	992	
Promedio		131	11	142	18.95

4.3.2 Cápsula B

En esta cápsula se tuvo el mayor número de frascos contaminados, el cual sumó 262 en comparación a 11 frascos que se perdieron por efecto de muerte de las vitroplántulas (Cuadro 8). El PTP para esta cápsula fue del 15.67% durante todo el proceso de producción *in vitro* hasta el S5. Vale aclarar que hubo un menor porcentaje de PTP en comparación a la cápsula A, debido a que la cápsula B tuvo mayor TM al finalizar el S5.

Cuadro 8. Pérdida de frascos por contaminación y muerte de vitroplántulas, durante la producción *in vitro* de *R. digbyana* (Cápsula B). Zamorano, Honduras, 2002.

Etapa	No. de frascos	Pérdidas			%
		Contaminados	Muertes	Total	
Establecimiento (E)	41	0	0	0	0.00
Multiplicación (M)	198	28	19	47	23.74
Subcultivo 1 (S1)	410	69	42	111	27.07
Subcultivo 2 (S2)	766	100	13	113	14.75
Subcultivo 3 (S3)	1,405	243	0	243	17.30
Subcultivo 4 (S4)	3,925	770	0	770	19.62
Subcultivo 5 (S5)	8,676	624	0	624	7.19
Total		1,834	74	1,908	
Promedio		262	11	273	15.67

4.3.3 Cápsula C

El PTP para la cápsula C sumó 243 frascos (Cuadro 9) y al igual que las otras cápsulas fue provocado principalmente por la contaminación. Apenas 4 frascos contenían material muerto. Esta cápsula presentó el más bajo porcentaje promedio de contaminación (13.34%) de la etapa de establecimiento hasta el final del S5.

Cuadro 9. Pérdida de frascos por contaminación y muerte de vitroplántulas durante la producción *in vitro* de *R. digbyana* (Cápsula C). Zamorano, Honduras, 2002.

Etapa	No. de frascos	Pérdidas			%
		Contaminados	Muertes	Total	
Establecimiento (E)	63	3	0	3	4.76
Multiplicación (M)	319	80	2	82	25.71
Subcultivo 1 (S1)	649	173	21	194	29.89
Subcultivo 2 (S2)	1,206	160	4	164	13.60
Subcultivo 3 (S3)	2,191	235	0	235	10.73
Subcultivo 4 (S4)	7,684	363	0	363	4.72
Subcultivo 5 (S5)	16,545	657	0	657	3.97
Total		1,671	27	1,698	
Promedio		239	4	243	13.34

4.3.4 Promedio por cápsula

Durante todas las etapas realizadas en la producción *in vitro* de *R. digbyana* se perdió en promedio el 16% (Cuadro 10) de la cantidad de frascos obtenida en cada una de las etapas, o sea que el PTP ocurrido en cada transferencia realizada para cada cápsula fue 219 frascos. De estos 219 frascos, 210 se perdieron por contaminación.

Cuadro 10. Pérdida de frascos por contaminación y muerte de vitroplántulas durante la producción *in vitro* de *R. digbyana* (promedio por cápsula). Zamorano, Honduras, 2002.

Etapas	No. de frascos	Pérdidas			
		Contaminados	Muertes	Total	%
Establecimiento (E)	55	2	0	2	4
Multiplicación (M)	255	52	17	69	27
Subcultivo 1 (S1)	469	112	28	141	30
Subcultivo 2 (S2)	884	170	14	184	23
Subcultivo 3 (S3)	1,518	186	0	186	12
Subcultivo 4 (S4)	4,614	427	0	427	10
Subcultivo 5 (S5)	10,104	524	0	524	6
Total		1,473	59	1,533	
Promedio		210	9	219	15.99

4.4 ANÁLISIS DE COSTOS

Se obtuvo el costo unitario promedio para cada frasco con vitroplántulas en cada cápsula de *R. digbyana*. El menor costo unitario se obtuvo de la cápsula con mayor tasa de multiplicación, aquella que originó más frascos en el proceso de producción *in vitro* (Cuadro 11 y 12). Los anexos 12, 13 y 14 muestran a detalle los costos de producción incurridos para la cápsula A, B y C, respectivamente.

El costo unitario obtenido en la cápsula C fue de \$0.95 por frasco, resultado de obtener el mayor número de frascos en el proceso de producción *in vitro*.

Producto de su baja tasa de multiplicación, la cápsula A obtuvo el menor número de frascos (5,092) al final del S5, esto originó que el costo por cada frasco fuese de \$1.07, representando el más alto costo unitario entre las cápsulas de *R. digbyana*. En promedio cada frasco de *R. digbyana* obtenido hasta el S5 cuesta \$0.99.

4.4.1 Distribución de los costos de producción

Los costos variables representan el mayor porcentaje de los costos de producción *in vitro* de *R. digbyana*, alcanzando aproximadamente 58% del total de costos en cada una de las cápsulas. La mano de obra directa representa en promedio el 29% de los costos totales de producción. El costo de materiales indirectos o materia prima fue en

Cuadro 11. Costo en dólares para la producción *in vitro* de tres cápsulas de *Rhyncholaelia digbyana* hasta el S5. Zamorano, Honduras, 2002.

Cápsula	Costos variables	Costos fijos	Gastos de administración	Total	Fracos obtenidos	Costo por frasco
A	2,969.62	1,599.26	570.93	5,139.81	4,800.00	1.07
B	4,457.96	2,263.57	972.78	7,694.31	8,052.00	0.96
C	8,639.77	4,530.56	1,855.08	15,025.41	15,888.00	0.95
Total	16,067.34	8,393.40	3,398.79	27,859.53	28,740.00	
Promedio	5,355.78	2,797.80	1,132.93	9,286.51	9,580.00	0.99

* Solo incluye los costos indirectos de producción

Cuadro 12. Distribución porcentual de costos de producción *in vitro* de tres cápsulas de *Rhyncholaelia digbyana* al final del S5. Zamorano, Honduras, 2002.

Cápsula	A		B		C		Promedio	
	Valor en \$	%	Valor en \$	%	Valor en \$	%	Valor en \$	%
Costos variables	2,969.62	57.78	4,457.96	57.94	8,639.77	57.50	5,355.78	57.74
<i>Mano de obra directa</i>	1,537.82	29.92	2,187.59	28.43	4,366.02	29.06	2,697.14	29.14
<i>Materiales directos</i>	975.00	18.97	1,539.40	20.01	2,857.41	19.02	1,790.60	19.33
<i>Uso de energía eléctrica</i>	456.79	8.89	730.97	9.50	1,416.34	9.42	868.04	9.27
Costos fijos	1,599.26	31.12	2,263.57	29.42	4,530.56	30.15	2,797.80	30.23
<i>Costos indirectos</i>	1,599.26	31.12	2,264.57	29.42	4,530.56	30.15	2,798.13	30.23
Gastos de administración	570.93	11.11	972.78	12.64	1,855.08	12.35	1,132.93	12.03
Costo total		100.00		100.00		100.00		100.00

promedio del 19%, este valor varía entre cada cápsula según el número de frascos que se obtuvieron en cada transferencia y al final de la producción *in vitro*. El uso de energía eléctrica representa en promedio el 9.27% de los costos de producción. En el anexo 15 se muestra el costo en dólares por uso de energía eléctrica.

Siendo la mano de obra el factor de producción más influyente en los costos de producción *in vitro* de *R. digbyana*, se calculó el total de costos indirectos para cada cápsula según el número de horas de MOD utilizadas en la producción *in vitro* de dicha especie. Cada hora de MOD representa \$1.5693 de costos indirectos de producción en el LCTM de Zamorano para el año 2001.

Los costos indirectos representan en promedio aproximadamente el 30% del total de costos de producción.

4.5 DISCUSIÓN

4.5.1 Tasa de Multiplicación (TM)

Las vitroplántulas de *Rhynchoaelia digbyana* mostraron a lo largo de todo el proceso de multiplicación un desarrollo constante y lento, provocado principalmente por la poca disponibilidad y aprovechamiento de luz por las vitroplántulas, que influyó directamente en los cálculos de la TM *in vitro* para cada una de las cápsulas en estudio. No se observaron problemas de mutación, ni reacciones químicas que afectaran a las vitroplántulas dentro del frasco, y que lograran incidir negativamente en la ejecución del experimento.

La TM existente demuestra el gran potencial de producción masiva de frascos con vitroplántulas de *R. digbyana* mediante la técnica de rescate de embriones. Este valor de TM es muy relevante en la planificación y control de la producción *in vitro* de LCTM, ya que nos ayuda a saber que cantidad de frascos debemos establecer y transferir en cada etapa para llegar al número de frascos con vitroplántulas que requieren ser aclimatadas, para poder desarrollarse y ser comercializados o destinados a la repoblación de bosques nacionales.

4.5.2 Promedio Total de Pérdidas (PTP)

El PTP obtenido para una cápsula en todo el proceso fue 1,533 frascos equivalentes al 16% de la cantidad total de frascos, valor que sobrepasa los rangos aceptables de contaminación y mortalidad en laboratorios de micropropagación. En los laboratorios comerciales las pérdidas de contenedores o frascos con vitroplántulas no deben ser mayores al 2% del total de la producción². El LCTM no es un laboratorio comercial, por lo que las diferentes actividades de enseñanza e investigación que se realizan, hacen que exista un flujo constante de personas entrando y saliendo en el cuarto de transferencias, que hace elevar los niveles de contaminación.

(2) Espinal-Rueda, D. 2002. Porcentaje de pérdidas de material *in vitro* en laboratorios comerciales. Zamorano. Honduras (Comun. Pers.).

Los fines educativos del LCTM, han hecho difícil mantener pérdidas inferiores al 5%, por lo que sobrevivencias arriba del 90% son aceptables en el LCTM de Zamorano. Evitar la contaminación o reducirla a los más bajos niveles, deberá ser siempre uno de los objetivos a cumplir en las actividades de propagación *in vitro*.

4.5.3 Costos de producción *in vitro*

El costo unitario promedio de un frasco con vitroplántulas de *R. digbyana* al finalizar el S5 fue de \$ 0.99 siendo el 58% costos variables. La mano de obra representa el 29% de los costos de producción y se considera el factor generador de costos, ya que mediante las horas de mano de obra es que podemos aplicar el valor de los costos indirectos de producción y que en este estudio representan cerca del 30% del total de costos. Los gastos administrativos tuvieron menor impacto al representar el 12% de los costos totales de producción.

Al final del S5 un frasco puede contener en promedio 12 vitroplántulas de *R. digbyana*, por lo que cada vitroplántula tuvo en este estudio el costo de US\$ 0.0825. Esta información es necesaria para el establecimiento de precios y valor comercial que una plántula ya aclimatada de *R. digbyana* tendrá en el mercado.

4.5.4 Banco de germoplasma

La cantidad de frascos obtenida en este estudio permitió el establecimiento del único banco de germoplasma de *R. digbyana* en el mundo, creado como anexo al LCTM de Zamorano y como parte del Instituto de Biodiversidad de Zamorano.

4.5.5 Proceso de producción *in vitro* de *R. digbyana*

La producción *in vitro* de *R. digbyana* mediante el rescate de embriones tuvo una duración aproximada de 20 meses, partiendo de la polinización cruzada para la obtención de cápsulas y realizar el establecimiento de los embriones, hasta finalizar el S5 (Anexo 16). La planta madre seleccionada deberá mantenerse en las mejores condiciones de desarrollo ya que de su estado depende la formación de cápsulas con embriones que tengan un estado apropiado de desarrollo para que puedan establecerse *in vitro* evitando retrasos en el proceso. Podemos acortar el proceso de producción en el laboratorio al usar cobertores de frascos que faciliten el mejor aprovechamiento de la luz por las vitroplántulas, con el fin de acelerar su desarrollo y crecimiento, reduciendo la etapa de multiplicación de cinco a cuatro subcultivos. Es muy importante mantener una observación constante del desarrollo de las vitroplántulas en todo el proceso y las mejores condiciones de asepsia en la producción *in vitro* de *R. digbyana*.

5. CONCLUSIONES

Por medio de la propagación *in vitro* podemos obtener cantidades masivas de *R. digbyana*.

En promedio de una cápsula de *R. digbyana* se establecieron 55 frascos, a partir de los cuales podemos obtener un promedio de 9,580 frascos al final del S5.

En promedio de un frasco se obtuvieron 12 vitroplántulas al finalizar el quinto subcultivo (S5). Esto equivale a un total de 114,960 vitroplántulas en promedio de una cápsula de *R. digbyana* al final del S5.

En la producción *in vitro* de *R. digbyana* se obtuvo una tasa de multiplicación real (TMR) de 191 frascos, la que indica que por cada frasco establecido en la etapa I, podemos obtener 191 frascos al final del S5 de la etapa de multiplicación.

Para una cápsula de *R. digbyana* se tuvo una pérdida promedio de 1,533 frascos, esto representa el 16% de la cantidad total de frascos obtenidos al finalizar el S5.

La contaminación por hongos fue el factor que tuvo mayor influencia en las pérdidas de frascos con vitroplántulas. *Penicillium* y *Aspergillus* son los hongos que mayor incidencia tienen en la producción *in vitro* del LCTM.

El desarrollo de las vitroplántulas fue afectado por el bajo aprovechamiento de luz, producto de la poca transparencia y paso de este recurso, que ofrece el papel de aluminio usado como cobertor de frascos.

Los costos variables representan casi el 60% de los costos de producción *in vitro* de *R. digbyana*.

La mano de obra es el factor de producción que representa el mayor porcentaje en los costos de producción *in vitro*.

Cuanto mayor sea la tasa de multiplicación al finalizar la producción *in vitro*, menores serán los costos de producción para cada frasco con vitroplántulas de *R. digbyana*.

El costo unitario promedio de un frasco de vitroplántulas de *R. digbyana* al finalizar el S5 fue de \$ 0.99.

Al final del S5 un frasco puede contener de 10 a 15 vitroplántulas, por lo que el costo unitario promedio sería de \$ 0.07 a 0.10 por vitroplántula.

6. RECOMENDACIONES

Explorar el uso de otro tipo de materiales para el sellado de los frascos de manera que se facilite una mejor penetración de luz e intercambio gaseoso, que permitan un mejor crecimiento de las vitroplántulas. Se recomiendan tapaderas plásticas transparentes o película transparente de la que se utiliza en el empaque de alimentos.

Para estudios similares se recomienda utilizar el método de extrapolación de muestras, para evitar problemas de disponibilidad de espacio y tiempo de mano de obra.

Mejorar las condiciones de asepsia y control de contaminación mediante una regulación más estricta de entrada de personas al cuarto de transferencias y cuarto de crecimiento. Además, realizar la esterilización de frascos e instrumentos que se usan en las transferencias y mantener la higiene personal en todos los procesos y actividades involucradas en la producción *in vitro* de *Rhynchoaelia digbyana*.

Siendo la MOD el factor que mayor influencia tiene en la generación de costos en el LCTM, se debe requerir al personal a que realice las actividades de producción *in vitro* en los tiempos estandarizados, según el estudio de tiempos y movimientos, con el fin de ser más eficientes en tiempo y costos.

Para lograr una mejor estructuración y control de costos del LCTM se recomienda la revaloración de activos que si bien han cumplido su ciclo de depreciación, aun se mantienen funcionando en óptimas condiciones.

Establecer un programa de costeo basado en actividades (ABC) para facilitar el cálculo de costos en las diferentes actividades de la producción *in vitro*.

Continuar con la aclimatación de las plántulas en la fase de invernadero.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alonso, R. y Serrano, A. 1991. Los costos en el proceso de producción agraria. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 147 p.

Aspiolea, M. y Pérez, R. 1999. Estrategias para la planeación y control de costos para el Centro de Bioplantas de Ciego de Ávila. Editado Universidad de Ciego de Ávila. Cuba. 31 p.

Bartrina, M. 2002. Propagación *in vitro* de orquídeas (en línea). Consultado el 25 de julio del 2002. Disponible en:

<http://personales.com/espana/tarragona/Orquideas/invitro.htm>

CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, PE). 2002. Las Orquídeas y las Modernas Tecnologías de Propagación y Conservación (en línea) Lima, Perú. Consultado el 14 de agosto del 2002. Disponible en:

<http://www.concytec.gob.pe/investigacion/biotecnologia/orqui.htm>

Dressler, R. 1990. The Orchids. Natural History and Classification. Cambridge, USA. Harvard University Press. 332p.

Dressler, R. 1993. Phylogeny and Classification of the Orchid Family. Portland, USA. Discorides Press. 314p.

Espinal-Rueda, D. 2002. Guía de Lecturas y Prácticas de Módulo. Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Micropropagación. Zamorano, Honduras. 79p.

George, I. 2002. Orchids and Fungi (en línea). Consultado el 16 de noviembre de 2002.

Disponible en: <http://www.anos.org.au/groups/newzealand/biology/fungi.htm>

González, L. 1992. Curso de Introducción al Cultivo y Manejo de las Orquídeas. Unidad Tecnológica Granja Modelo. Misión Técnica de Cooperación de la República de China. San José, Costa Rica. 114p.

Grancanariaweb, 2001. Las orquídeas (en línea). Consultado el 25 de julio del 2002. Disponible en: <http://www.grancanariaweb.com/edgar/orquidea/>

Halbinger, F. y Soto, M. 1997. *Laelias* of México. Herbario AMO. Distrito Federal, México. 160p.

Lafacu, 2002. Contabilidad de costos (en línea). México. Consultado el 20 de septiembre de 2002. Disponible en: <http://www.lafacu.com/apuntes/contabilidad/>

Lamolina, 2002. Micropropagación de las semillas de orquídeas (en línea). Consultado el 25 de julio del 2002. Disponible en:
<http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/Agronomia/horticultura/propagacion/biotecnologia/cuya.doc>

Lara, A. 2001. Análisis de los costos de producción *in vitro* y de mercado de orquídeas en Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. 60 p.

Larrea, P. 2002. Estudio de prefactibilidad para la exportación de orquídeas *in vitro* a Florida, Estados Unidos. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. 141 p.

Linares, J. 1992. El caso de la flor nacional: Un esfuerzo conservacionista. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras C.A. 5(4).

Linares, J. 1993. Propagación *in vitro* de la orquídea *Rhyncholaelia digbyana* (Lind.) Schltr. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. 88 p.

McKendrick, S. 2000. Manual para la germinación *in vitro* de orquídeas. Ceiba Foundation for Tropical Conservation. Quito, Ecuador. 17 p.

Pierik, R. 1990. Cultivo *in vitro* de las Plantas Superiores. Trad. por Luis Syerbe. 3ra edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 326p.

Plantfacts, 2002. Características de la *Rhyncholaelia digbyana* (en línea). Consultado el 29 de julio del 2002. Disponible en:
<http://www.plantfacts.com/Family/Orchidaceae/Rhyncholaelia.digbyana.shtml>

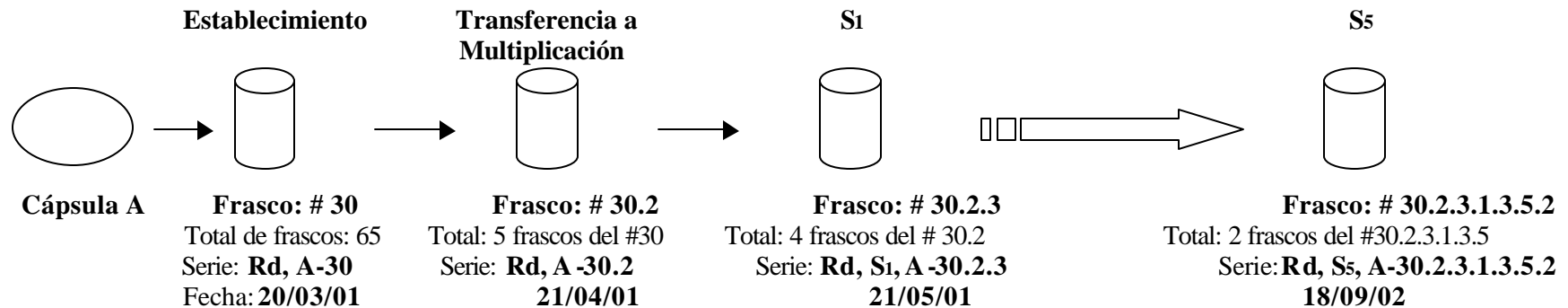
Polimeni, R; Fabozzi, F; Adelberg, A. 2001. Contabilidad de costos, conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales. 3ra. edición. Santa Fe de Bogotá, Colombia. Mc-GRAW-HILL interamericana. 879 p.

Quiñones, M. y Manrique, S. 1999. Las Orquídeas y las Modernas Tecnologías de Propagación y Conservación. Dirección de Biotecnología e Ingeniería Genética. Lima, Perú. 5 p.

Santafé-Sucursal Virtual, 2002. Contabilidad (en línea). Consultado el 28 de julio del 2002. Disponible en: <http://server2.southlink.com.ar/vap/contabilidad.htm>

8. ANEXOS

**Anexo 1. Esquema de rotulación y registro de frascos en el proceso de producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana*.
Zamorano, Honduras, 2002.**



La serie # 30.2.3 identifica al tercer frasco del subcultivo 1 obtenido a partir del segundo frasco de la etapa de transferencia proveniente del frasco # 30 de la etapa de establecimiento.

Como se muestra en el diagrama anterior, la serie de cada frasco va aumentando de una etapa a otra, en el proceso de multiplicación.

Anexo 2. Ejemplo para la estimación de la Tasa de Multiplicación Real (TMR) en cada etapa y al final (TMRF) del proceso de producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* (cápsula B). Zamorano, Honduras, 2002.

$$\text{TMR} = \frac{\text{No. total de frascos transferidos en S3}}{\text{No. de frascos transferidos en S2}} = \frac{1,405}{653} = \mathbf{2.15}$$

$$\text{TMRF} = \frac{\text{No. total de frascos transferidos al final del S5}}{\text{No. de frascos establecidos en la etapa inicial}} = \frac{8,676}{41} = \mathbf{211.62}$$

Anexo 3. Ejemplo para la estimación de la Tasa de Multiplicación Efectiva (TME) en cada etapa y al final (TMEF) del proceso de producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* (cápsula B). Zamorano, Honduras, 2002.

$$\text{TME} = \frac{\text{No. total de frascos transferidos no contaminados en S3}}{\text{No. de frascos transferidos en S2}} = \frac{1,162}{653}$$

$$\text{TME} = \mathbf{1.78}$$

$$\text{TMEF} = \frac{\text{No. total de frascos no contaminados al final del S5}}{\text{No. de frascos establecidos en la etapa inicial}} = \frac{8,052}{41}$$

$$\text{TMEF} = \mathbf{196.40}$$

Anexo 4. Ejemplo para la estimación del Promedio Total de Pérdidas (PTP) al final de S5 en la producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* (cápsula B). Zamorano, Honduras, 2002.

$$\text{PTP} = \frac{\Sigma (\text{Frascos contaminados} + \text{Frascos con vitroplantas muertas}) \text{ hasta el S5}}{\text{No. de transferencias realizadas}}$$

$$\text{PTP} = \frac{1,834 + 74}{7} = \frac{1,908}{7} \approx \mathbf{273 \text{ frascos}}$$

Ane xo 5. Ejemplo para la estimación del valor en dólares del salario por mano de obra directa por hora (\$ / hr) en el LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.

$$\begin{array}{l} \text{Sueldo del} \\ \text{personal} \\ \text{(US$/hr)} \end{array} = \frac{\Sigma \text{ del sueldo anual en US\$ del personal del LCTM}}{\text{No. de horas anuales en jornada laboral en el LCTM}} = \frac{\text{US\$ 4,314.20}}{4,480 \text{ hrs}} \\ \text{según estudio de tiempos y movimientos}$$

$$\begin{array}{l} \text{Sueldo del} \\ \text{personal} \\ \text{(US$/hr)} \end{array} = \text{US \$ 0.96/ hr}$$

De igual forma se debe estimar el valor en dólares por hora de las categorías de FOSOVI, transporte, cesantía y seguro de vida, de acuerdo al valor anual que ellas se incurren, dividiéndolos para el total de horas de jornada laboral en el LCTM de Zamorano.

Anexo 6. Ejemplo para la estimación del valor en dólares de mano de obra directa por hora (MOD / hr) en el LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.

$$\text{MOD / hr} = \Sigma \text{ del valor en US\$ por hora de sueldos, FOSOVI, Transporte, cesantía y seguro de vida}$$

$$\text{US\$ MOD / hr} = 0.96 + 0.01 + 0.02 + 0.43 + 0.04 = \text{US\$ 1.46/ hr}$$

Anexo 7. Ejemplo para la estimación en dólares del costo de mano de obra directa (MOD) en la producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* (cápsula A). Zamorano, Honduras, 2002.

$$\begin{array}{l} \text{Costo en US\$ de MOD} = (\text{No. total de horas MOD / cápsula} * \text{US \$ MOD / hr}) \\ \quad + (\text{No. de horas en lavado y secado de frascos} * \text{US$/hr}) \end{array}$$

$$\text{Costo de MOD} = (1,018.35 \text{ hrs} * \text{US\$ 1.46/ hr}) + (133.63 \text{ hrs.} * \text{US\$ 0.42/ hr})$$

$$\text{Costo de MOD} = \text{US\$ 1,537.82}$$

Para calcular las horas de MOD se registró el tiempo efectivo en que se realiza cada una de las actividades en la producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana*, mediante el estudio de tiempos y movimientos. Esto nos permite establecer estándares de tiempo y costo en la ejecución de actividades.

Anexo 8a. Estudio de tiempos y movimientos en las actividades de producción *in vitro* de orquídeas del LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.

Las siguientes actividades son realizadas en el LCTM de Zamorano para la producción *in vitro* de orquídeas, en los tiempos y cantidades especificadas:

1. Actividades del personal (Mano de obra directa)

	Cantidad	Tiempo
Limpieza y lavado de frascos	180 frascos	2 hr
Preparación de medio de cultivo ¹	1 Litro (50 frascos)	2 hr
Preparación de platos Petri	2 platos	4 min
Preparación de cámara de flujo laminar	-----	30 min
Sellado y marcado de frascos transferidos	45 frascos	30 min
Siembra o transferencias de orquídeas ²	30 frascos	1 hr
Traspaso a cuarto de crecimiento	90 frascos	20 min
Traspaso de frascos al horno de secado	180 frascos	30 min

(1) La preparación del medio incluye el sellado de frascos.

(2) Son los frascos transferidos de un subcultivo a otro.

2. Autoclaveado

	Cantidad	Tiempo
Esterilización a 121° C y 15 psi	90 frascos	20 min

3. Secado de frascos

	Cantidad	Tiempo
Secado a 180° C	400 frascos	2 hr

Anexo 8b. Tiempos y movimientos en preparación de medio y transferencias³ para la producción *in vitro* de *R. digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

PREPARACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO

Litros de medio de cultivo por etapa

Cápsulas	Etapas							Total
	E	M	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	
A	1.22	4.94	6.98	13.60	19.16	44.68	101.84	192.42
B	0.82	3.96	8.20	15.32	28.10	78.52	173.52	308.44
C	1.26	6.38	12.98	24.12	43.82	153.68	330.90	573.14

Horas en la preparación de medio de cultivo por etapa

Cápsulas	Etapas							Total
	E	M	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	
A	2.13	8.50	12.00	14.50	14.00	58.64	133.66	243.43
B	1.34	6.46	13.39	17.50	42.00	103.06	227.74	411.49
C	1.88	9.51	19.35	31.00	60.00	201.71	434.30	757.75

ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA

Fracos transferidos por etapa

Cápsulas	Etapas							Total
	E	M	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	
A	61	247	349	680	958	2,234	5,092	9,621
B	41	198	410	766	1,405	3,925	8,676	15,421
C	63	319	649	1,206	2,191	7,684	16,545	28,657

Horas en actividades de transferencia³ por etapa

Cápsulas	Etapas							Total
	E	M	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	
A	6.30	25.52	36.07	50.15	76.58	177.00	403.30	774.92
B	4.01	19.40	40.17	59.70	123.50	244.00	539.40	1,030.18
C	5.63	28.54	58.06	87.40	185.83	559.00	1,203.60	2,128.06

(3) Las actividades de transferencia incluyen la preparación de cámara de flujo laminar, sellado de frascos, transferencia de vitroplántulas y traspaso de frascos al cuarto de crecimiento.

Anexo 9. Tasa de aplicación de los costos indirectos con base en las horas de MOD en la producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

$$\begin{aligned} \text{Costo indirecto/ Hora de MOD} &= \frac{\text{Tasa de aplicación} \quad ? \text{ costos indirectos de producción en US\$ por año}}{\text{(US\$/hr)} \quad \text{No. total de horas anuales de MOD según el estudio de tiempos y movimientos}} \\ \text{Costo indirecto/ Hora de MOD} &= \frac{\text{Tasa de aplicación} \quad \text{US\$ 7,030.56}}{\text{(US\$/hr)} \quad 4,480 \text{ hrs}} \approx \text{US\$ 1.5693/hr} \end{aligned}$$

Anexo 10. Ejemplo para la estimación en dólares de los costos indirectos de la producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* (cápsula A). Zamorano, Honduras, 2002.

$$\begin{aligned} \text{Costos indirectos (US\$)} &= (\text{Horas de MOD / cápsula}) * (\text{Tasa de aplicación US\$/hr}) \\ &= 1,018.35 \text{ hrs} * \text{US\$ 1.5693/hr} \end{aligned}$$

$$\text{Costos indirectos (US\$)} = \text{US\$ 1,599.26}$$

Anexo 11. Ejemplo para la estimación en dólares del costo unitario promedio de cada frasco en la producción *in vitro* de *Rhyncholaelia digbyana* (cápsula A). Zamorano, Honduras, 2002.

$$\text{Costo unitario promedio} = \frac{\text{Costos totales en US\$}}{\text{(US\$/ frasco)} \quad \text{No. total de frascos obtenidos}} = \frac{\text{US\$ 5,139.81}}{4,800 \text{ frascos}}$$

$$\text{Costo unitario promedio} = \text{US\$ 1.07 / frasco}$$

(US\$/ frasco)

Anexo 12. Costo en dólares para la producción *in vitro* de la cápsula A de *Rhyncholaelia digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

COSTOS VARIABLES

MANO DE OBRA DIRECTA

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Sueldo Ordinario	Hrs. / MOD	1,018.35	0.96	977.62
FOSOVI	Hrs. / MOD	1,018.35	0.01	10.18
Transporte	Hrs. / MOD	1,018.35	0.02	15.28
Cesantía	Hrs. / MOD	1,018.35	0.43	437.89
Seguro de vida	Hrs. / MOD	1,018.35	0.04	40.73
Lavado y secado	Hrs. / MOD	133.63	0.42	56.12
Total				1,537.82

MATERIALES DIRECTOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Agua bidestilada	L	40.19	0.14	5.63
Alcohol	L	57.81	0.66	38.15
Cinta adhesiva	Rollo	2.52	0.40	1.01
Frascos	Unidad	5,092.00	0.03	159.55
Guantes	Par	102.00	0.16	16.32
Mascarillas	Unidad	37.00	0.12	4.55
Medio de Multiplicación	L	191.20	3.06	585.07
Medio de iniciación	L	1.22	11.99	14.63
Hipoclorito de sodio	g	0.80	0.09	0.07
Hipoclorito de calcio	g	0.08	0.14	0.01
Tween 80	mL	0.40	0.03	0.01
Papel aluminio	Rollo	11.45	3.99	45.67
Papel estraza	Rollo	0.63	17.83	11.18
Papel toalla	Rollo	12.69	0.52	6.65
Parafilm	Rollo	12.20	3.97	48.43
Quemol	L	49.44	0.77	38.07
Total				975.00

USO DE ENERGIA ELECTRICA

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Transferencias	KWh	1,336.74	0.091	121.64
Prep. Medio de cultivo	KWh	360.28	0.091	32.79
Cuarto de crecimiento	KWh	3,222.93	0.091	293.29
Secado de frascos	KWh	99.77	0.091	9.08
Total		5,019.72		456.79

Total de costos variables = US\$ 2,969.62

* MOD= Mano de obra directa

COSTOS FIJOS**COSTOS INDIRECTOS**

Descripción	Costo	MOD LCTM	Costo/ Hora	MOD/cápsula	Total
	US\$	Hrs	US\$/Hr	Hrs.	US\$
Servicios demandados					
Atención al personal	55.68	4,480	0.0124	1,018.35	12.66
Contratos temporales	144.00	4,480	0.0321	1,018.35	32.73
Correo y telégrafo	28.32	4,480	0.0063	1,018.35	6.44
Diseño gráfico	45.60	4,480	0.0102	1,018.35	10.37
Fletes, acarreos y estibas	443.04	4,480	0.0989	1,018.35	100.71
Gastos de viaje	72.96	4,480	0.0163	1,018.35	16.58
Mantenimiento de instalaciones	34.56	4,480	0.0077	1,018.35	7.86
Mantenimiento de Mob. Y Eq.	852.96	4,480	0.1904	1,018.35	193.89
Seguros y fianzas	169.92	4,480	0.0379	1,018.35	38.62
Servicios de laboratorios	3.84	4,480	0.0009	1,018.35	0.87
Servicios de lavandería	48.00	4,480	0.0107	1,018.35	10.91
Servicios de reproducción	286.56	4,480	0.0640	1,018.35	65.14
Servicios de taller	587.52	4,480	0.1311	1,018.35	133.55
Teléfono-FAX	3.84	4,480	0.0009	1,018.35	0.87
Materiales y suministros					
Combustible y lubricantes	183.84	4,480	0.0410	1,018.35	41.79
Material de empaque	22.08	4,480	0.0049	1,018.35	5.02
Material didáctico	336.00	4,480	0.0750	1,018.35	76.38
Materias primas accesorias	20.64	4,480	0.0046	1,018.35	4.69
Otros suministros	198.24	4,480	0.0443	1,018.35	45.06
Suministros de limpieza	369.12	4,480	0.0824	1,018.35	85.04
Suministros de laboratorio	2,339.52	4,480	0.5222	1,018.35	531.80
Suministros y accesorios de oficina	398.40	4,480	0.0889	1,018.35	90.56
Uniformes, herramientas y otros	17.28	4,480	0.0039	1,018.35	3.93
Varios	368.64	4,480	0.0823	1,018.35	83.80
Total	7,030.56		1.5693		1,599.26

Tasa de aplicación de costos indirectos en base al número de horas de mano de obra directa es = US\$ 1.5693 / hora

Total de costos fijos = US\$ 1,599.26

Gastos de administración

Administración del LCTM = US\$ 570.93

COSTOS TOTALES

Total costos variables y fijos = US\$ 4,568.88

Total de gastos administrativos = US\$ 570.93

Total de costos y gastos administrativos = US\$ 5,139.81

Fuente: Oficina de presupuestos y contabilidad, Comparación presupuestaria, 2001. LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.

Anexo 13. Costo en dólares para la producción *in vitro* de la cápsula B de *Rhyncholaelia digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

COSTOS VARIABLES

MANO DE OBRA DIRECTA

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Sueldo Ordinario	Hrs. / MOD	1,441.67	0.96	1,384.00
FOSOVI	Hrs. / MOD	1,441.67	0.01	14.42
Transporte	Hrs. / MOD	1,441.67	0.02	21.63
Cesantía	Hrs. / MOD	1,441.67	0.43	619.92
Seguro de vida	Hrs. / MOD	1,441.67	0.04	57.67
Lavado y secado	Hrs. / MOD	214.18	0.42	89.96
Total				2,187.59

MATERIALES DIRECTOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Agua bidestilada	L	51.42	0.14	7.20
Alcohol	L	84.77	0.66	55.95
Cinta adhesiva	Rollo	2.25	0.40	0.90
Frascos	Unidad	8,676.00	0.03	271.85
Guantes	Par	133.50	0.16	21.36
Mascarillas	Unidad	54.00	0.12	6.64
Medio de Multiplicación	L	307.62	3.06	941.32
Medio de iniciación	L	0.82	11.99	9.83
Hipoclorito de sodio	g	0.80	0.09	0.07
Hipoclorito de calcio	g	0.08	0.14	0.01
Tween 80	mL	0.40	0.03	0.01
Papel aluminio	Rollo	17.42	3.99	69.51
Papel estraza	Rollo	0.74	17.83	13.27
Papel toalla	Rollo	21.79	0.52	11.42
Parafilm	Rollo	19.48	3.97	77.34
Quemol	L	68.48	0.77	52.73
Total				1,539.40

USO DE ENERGIA ELECTRICA

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Transferencias	KWh	1,777.06	0.091	161.71
Prep. Medio de cultivo	KWh	609.01	0.091	55.42
Cuarto de crecimiento	KWh	5,486.69	0.091	499.29
Secado de frascos	KWh	159.92	0.091	14.55
Total		8,032.68		730.97

Total de costos variables = US\$ 4,457.96

* MOD= Mano de obra directa

COSTOS FIJOS**COSTOS INDIRECTOS**

Descripción	Costo	MOD LCTM	Costo/ Hora	MOD/Capsula	Total
	US\$	Hrs	US\$/Hr	Hrs	US\$
Servicios demandados					
Atención al personal	55.68	4,480	0.0124	1,441.67	17.92
Contratos temporales	144.00	4,480	0.0321	1,441.67	46.34
Correo y telégrafo	28.32	4,480	0.0063	1,441.67	9.11
Diseño grafico	45.60	4,480	0.0102	1,441.67	14.67
Fletes, acarreos y estibas	443.04	4,480	0.0989	1,441.67	142.57
Gastos de viaje	72.96	4,480	0.0163	1,441.67	23.48
Mantenimiento de instalaciones	34.56	4,480	0.0077	1,441.67	11.12
Mantenimiento de Mob. Y Eq.	852.96	4,480	0.1904	1,441.67	274.48
Seguros y fianzas	169.92	4,480	0.0379	1,441.67	54.68
Servicios de laboratorios	3.84	4,480	0.0009	1,441.67	1.24
Servicios de lavandería	48.00	4,480	0.0107	1,441.67	15.45
Servicios de reproducción	286.56	4,480	0.0640	1,441.67	92.22
Servicios de taller	587.52	4,480	0.1311	1,441.67	189.06
Teléfono-FAX	3.84	4,480	0.0009	1,441.67	1.24
Materiales y suministros					
Combustible y lubricantes	183.84	4,480	0.0410	1,441.67	59.16
Material de empaque	22.08	4,480	0.0049	1,441.67	7.11
Material didáctico	336.00	4,480	0.0750	1,441.67	108.13
Materias primas accesorias	20.64	4,480	0.0046	1,441.67	6.64
Otros suministros	198.24	4,480	0.0443	1,441.67	63.79
Suministros de limpieza	369.12	4,480	0.0824	1,441.67	119.91
Suministros de laboratorio	2,339.52	4,480	0.5222	1,441.67	752.86
Suministros y accesorios de oficina	398.40	4,480	0.0889	1,441.67	128.21
Uniformes, herramientas y otros	17.28	4,480	0.0039	1,441.67	5.56
Varios	368.64	4,480	0.0823	1,441.67	118.63

Total 7,030.56 1.5693 **2,263.57**

Tasa de aplicación de costos indirectos en base al número de horas de mano de obra directa es = US\$ 1.5693 / hora

Total de costos fijos = US\$ 2,263.57

Gastos de administración

Administración del LCTM = US\$ 972.78

COSTOS TOTALES

Total costos variables y fijos = US\$ 6,721.53

Total de gastos administrativos = US\$ 972.78

Total de costos y gastos administrativos = US\$ 7,694.31

Fuente: Oficina de presupuestos y contabilidad, Comparación presupuestaria, 2001. LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.

Anexo 14. Costo en dólares para la producción *in vitro* de la cápsula C de *Rhyncholaelia digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

COSTOS VARIABLES

MANO DE OBRA DIRECTA

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Sueldo Ordinario	Hrs. / MOD	2,885.81	0.96	2,770.38
FOSOVI	Hrs. / MOD	2,885.81	0.01	28.86
Transporte	Hrs. / MOD	2,885.81	0.02	43.29
Cesantía	Hrs. / MOD	2,885.81	0.43	1,240.90
Seguro de vida	Hrs. / MOD	2,885.81	0.04	115.43
Lavado y secado	Hrs. / MOD	398.01	0.42	167.16
Total				4,366.02

MATERIALES DIRECTOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Agua bidestilada	L	121.17	0.14	16.96
Alcohol	L	143.20	0.66	94.51
Cinta adhesiva	Rollo	2.45	0.40	0.98
Frascos	Unidad	16,545.00	0.03	518.41
Guantes	Par	206.00	0.16	32.96
Mascarillas	Unidad	117.00	0.12	14.39
Medio de Multiplicación	L	571.88	3.06	1749.95
Medio de iniciación	L	1.26	11.99	15.11
Hipoclorito de sodio	g	0.80	0.09	0.07
Hipoclorito de calcio	g	0.08	0.14	0.01
Tween 80	mL	0.40	0.03	0.01
Papel aluminio	Rollo	31.55	3.99	125.88
Papel estraza	Rollo	1.16	17.83	20.70
Papel toalla	Rollo	47.79	0.52	25.04
Parafilm	Rollo	36.11	3.97	143.36
Quemol	L	128.64	0.77	99.05
Total				2,857.41

USO DE ENERGIA ELECTRICA

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / unidad (US\$)	Total (US\$)
Transferencias	KWh	3,670.90	0.091	334.05
Prep. Medio de cultivo	KWh	1,121.47	0.091	102.05
Cuarto de crecimiento	KWh	10,474.63	0.091	953.19
Secado de frascos	KWh	297.19	0.091	27.04
Total		15,564.20		1,416.34

Total de costos variables = US\$ 8,639.77

* MOD= Mano de obra directa

COSTOS FIJOS**COSTOS INDIRECTOS**

Descripción	Costo	MOD LCTM	Costo/ Hora	MOD/Capsula	Total
	US\$	Hrs	US\$/Hr	Hrs	US\$
Servicios demandados					
Atención al personal	55.68	4,480	0.0124	2,885.81	35.87
Contratos temporales	144.00	4,480	0.0321	2,885.81	92.76
Correo y telégrafo	28.32	4,480	0.0063	2,885.81	18.24
Diseño gráfico	45.60	4,480	0.0102	2,885.81	29.37
Fletes, acarreos y estibas	443.04	4,480	0.0989	2,885.81	285.39
Gastos de viaje	72.96	4,480	0.0163	2,885.81	47.00
Mantenimiento de instalaciones	34.56	4,480	0.0077	2,885.81	22.26
Mantenimiento de Mob. Y Eq.	852.96	4,480	0.1904	2,885.81	549.44
Seguros y fianzas	169.92	4,480	0.0379	2,885.81	109.45
Servicios de laboratorios	3.84	4,480	0.0009	2,885.81	2.47
Servicios de lavandería	48.00	4,480	0.0107	2,885.81	30.92
Servicios de reproducción	286.56	4,480	0.0640	2,885.81	184.59
Servicios de taller	587.52	4,480	0.1311	2,885.81	378.45
Teléfono-FAX	3.84	4,480	0.0009	2,885.81	2.47
Materiales y suministros					
Combustible y lubricantes	183.84	4,480	0.0410	2,885.81	118.42
Material de empaque	22.08	4,480	0.0049	2,885.81	14.22
Material didáctico	336.00	4,480	0.0750	2,885.81	216.44
Materias primas accesorias	20.64	4,480	0.0046	2,885.81	13.30
Otros suministros	198.24	4,480	0.0443	2,885.81	127.70
Suministros de limpieza	369.12	4,480	0.0824	2,885.81	239.57
Suministros de laboratorio	2,339.52	4,480	0.5222	2,885.81	1507.01
Suministros y accesorios de oficina	398.40	4,480	0.0889	2,885.81	256.63
Uniformes, herramientas y otros	17.28	4,480	0.0039	2,885.81	11.13
Varios	368.64	4,480	0.0823	2,885.81	237.46

Total 7,030.56 1.5693 **4,530.56**

Tasa de aplicación de costos indirectos en base
al número de horas de mano de obra directa es = US\$ 1.5693 / hora

Total de costos fijos = US\$ 4,530.56

Gastos de administración

Administración del LCTM = US\$ 1,855.08

COSTOS TOTALES

Total costos variables y fijos = US\$ 13,170.33

Total de gastos administrativos = US\$ 1,855.08

Total de costos y gastos administrativos = US\$ 15,025.41

Fuente: Oficina de presupuestos y contabilidad, Comparación presupuestaria, 2001.
LCTM. Zamorano, Honduras, 2002.

Anexo 15. Costo en dólares por uso de energía eléctrica en la producción *in vitro* de tres cápsulas de *R. digbyana*. Zamorano, Honduras, 2002.

TRANSFERENCIAS

Cápsula	Hrs. Cámara flujo laminar	KWh	Total KWh	US\$/ KWh	US\$ Totales
A	774.92	1.725	1,336.74	0.091	121.64
B	1,030.18	1.725	1,777.06	0.091	161.71
C	2,128.06	1.725	3,670.90	0.091	334.05
Total	3,933.16		6,784.70	0.091	617.41

PREPARACIÓN DE MEDIO CULTIVO

Cápsula	Hrs. preparación de medio	KWh	Total KWh	US\$/ KWh	US\$ Totales
A	243.43	1.48	360.28	0.091	32.79
B	411.49	1.48	609.01	0.091	55.42
C	757.75	1.48	1,121.47	0.091	102.05
Total	1,412.67		2,090.75	0.091	190.26

LUZ EN CUARTO DE CRECIMIENTO

Cápsula	Hrs. Luz eléctrica	KWh	Total KWh	US\$/ KWh	US\$ Totales
A	508.03	3.704	1,881.74	0.091	171.24
B	864.86	3.704	3,203.44	0.091	291.51
C	1,651.11	3.704	6,115.71	0.091	556.53
Total	3,024.00		11,200.90	0.091	1,019.28

A/C EN CUARTO DE CRECIMIENTO

Cápsula	Hrs. de energía eléctrica	KWh	Total KWh	US\$/ KWh	US\$ Totales
A	381.02	3.52	1,341.19	0.091	122.05
B	648.65	3.52	2,283.25	0.091	207.78
C	1,238.33	3.52	4,358.92	0.091	396.66
Total	2,268.00		7,983.36	0.091	726.49

HORNOS PARA SECADO DE FRASCOS

Cápsula	Hrs. de energía eléctrica	KWh	Total KWh	US\$/ KWh	US\$ Totales
A	47.51	2.10	99.77	0.091	9.079
B	76.15	2.10	159.92	0.091	14.552
C	141.52	2.10	297.19	0.091	27.044
Total	265.18		556.88		50.676

ENERGÍA ELÉCTRICA TOTAL

28,616.59

2,604.11

A/C = Aire acondicionado

KWh = KiloWatts por hora

Anexo 16. Etapas de la producción *in vitro* de *Rhyncholelia digbyana* mediante la técnica de rescate de embriones. LCTM de Zamorano, 2001- 02.

