



Capítulo VIII

Estimación de costos de producción de *Tamarixia radiata*

Denys Yohana Mora Herrera
Rubilma Tarazona Velásquez
Takumasa Kondo

El análisis de costos del proceso de producción (cría masiva) de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) se realizó en un invernadero en el municipio de Palmira, departamento del Valle del Cauca, Colombia. Este análisis es una primera aproximación a la evaluación económica del proceso; sin embargo, está pendiente valorar monetariamente el beneficio de *T. radiata* como enemigo natural de *D. citri* y su efectividad para el control del HLB.

La estructura financiera empleada corresponde a una adaptación de la sugerida por Miranda (2012) para proyectos de inversión privada. A continuación, se presenta el presupuesto respectivo y costos monetarios para una producción promedio de *T. radiata* de 20.000 parasitoides por mes, equivalente a 240.000 parasitoides al año.

El presupuesto de inversiones incluye los desembolsos realizados en activos que por lo general duran más de un ciclo productivo y que son indispensables para poner en marcha el proceso; ese total global ascendió a \$44.448.600 pesos colombianos, sujeto a la vida útil de los activos; anualmente se amortizan \$10.540.100. Mientras que los costos de producción ascendieron a \$99.381.000. El costo estimado por unidad emergente (individuo de *T. radiata*) fue de \$458. Este es el primer estudio económico de producción masiva de *T. radiata* en Colombia.

Las inversiones hacen referencia a los desembolsos realizados para adquirir bienes o servicios indispensables para poner en marcha el proceso productivo; mientras que los costos corresponden a los egresos realizados en bienes o servicios que se consumen o transforman durante el ciclo productivo, como insumos, servicios públicos, mano de obra requerida para producir una unidad determinada (Miranda 2012).

Generalmente, aunque la estructura de costos se subdivide en las categorías de producción, ventas, financieros y administrativos, para el caso específico de la producción de *T. radiata* solo se contemplan los de producción, dado que aún no se está realizando comercialización.

Una vez diseñada la estructura de presupuesto de inversiones y costos se procedió a registrar en ella todas las compras y gastos ejecutados durante un año, comprendido entre diciembre de 2014 y diciembre de 2015. Se efectuó una verificación y complementación por medio de entrevista directa al operario responsable del proceso. Los cálculos corresponden a las actividades desarrolladas en un invernadero de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro de Investigación Palmira. Se consideraron las cuatro fases del protocolo: 1) colecta y siembra de semillas de mirto, *Murraya paniculata*, la planta hospedera; 2) cría masiva del psílido asiático de los cítricos, *D. citri*, hospedero del ectoparasitoide *T. radiata*; 3) cría masiva de *T. radiata*, y 4) extracción y liberación de *T. radiata*.

Presupuesto de inversiones

En la tabla 7 se relaciona el presupuesto de inversiones, que incluye valor de la adecuación de la infraestructura (casa de vidrio o invernadero) y de elementos de irrigación, invertidos en Corpoica, CI Palmira. También los elementos utilizados en la fabricación de jaulas de madera artesanales, empleadas para la cría masiva de *D. citri* y *T. radiata*. Para la elaboración de las jaulas de cría se necesita un mínimo de personal necesario para las labores (dos personas se requirieron en el presente estudio), con una frecuencia mensual determinada (dedicación de 16 días al mes), para completar el número necesario de jaulas.

Tabla 7. Presupuesto de inversiones en pesos colombianos, año 2015

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Adecuación de infraestructura y materiales de riego			
Microaspersores	30	2.900	87.000
Manguera negra de polietileno 1x100 m	6	94.000	564.000
Nebulizador para riego	50	2.500	125.000
Adecuación de invernadero de vidrio	1	29.391.400	29.391.400
Subtotal			30.167.400
Adecuación de cuarto de emergencia (2,70 m x 3,6 m) (cuarto oscuro)			
Adecuación de cuarto de emergencia	1	2.000.000	2.000.000
Estante metálico	9	190.000	1.710.000
Subtotal			3.710.000
Contenedor de adultos para liberación (congelador panorámico vertical)	1	4.000.000	4.000.000
Total inversiones con vida útil de 5 años			37.781.500
Fabricación de 160 jaulas de cría (70x70x70 cm)			
Maderos (3 m cada uno)	480	3.000	1.440.000
Malla antiáfidos (rollo de 400 m ²)	2	120.000	240.000

(Continúa)

(Continuación tabla 7)

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Velcro (m) (2,10 x jaula)	336	1.000	336.000
Silicona (1 tarro = 280 ml) x 8 jaulas	20	6.500	130.000
Pistola para silicona	1	7.850	7.850
Grapadora industrial	3	111.200	333.500
Caja de ganchos para grapadora industrial (x 5.000 ganchos)	18	6.500	117.000
Bastidor de 3x3x3 m	60	7.540	452.400
Puntilla Tigre 2" x 500 g CC	10	2.400	24.360
Subtotal			3.079.700
Tijera de podar <i>bypass</i>	1	90.000	90.000
Total inversiones con vida útil de dos años y seis meses			3.497.400
82 cajas negras para emergencia de <i>Tamarixia radiata</i> (40 cm x 50 cm x 50 cm)			
Láminas de triplex (1,22x2,44 m)	55	18.000	990.000
Madero de pino (3 m)	191	5.000	955.000
Vinilo de agua color negro (galón)	2	27.000	54.000
Brocha 3"	2	4.000	9.000
Puntilla (2"), caja de 250 g	6	2.300	13.800
Subtotal			2.021.800
328 bandejas para cajas de emergencia de <i>Tamarixia radiata</i>			
Madera para bastidor x 3m	188	5.000	940.000
Malla acerada x m	82	3.200	262.400
Malla metálica x m	82	3.200	262.400
Puntilla (1,5") caja 250 g	6	1.800	10.800
Subtotal			1.475.600
Total inversiones con vida útil de dos años			3.169.700

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las inversiones también se considera la adecuación de un área de extracción de *T. radiata*, además de la elaboración artesanal de cajas negras y sus separadores. En la experiencia de Corpoica, CI Palmira, el operario elaboró un promedio de cinco cajas y diez bastidores por día; las cajas y los separadores se construyeron en tiempos diferentes.

Al considerar que las inversiones tienen una duración mayor a un ciclo productivo no se creyó pertinente asumir el valor total como único desembolso; de acuerdo con la vida útil de cada rubro se depreciaron las inversiones para que su valor anual sea incluido dentro del costo unitario de producción.

Según lo anterior y conforme a la información suministrada por el encargado de las instalaciones, se definió la vida útil de las inversiones así: el total de adecuación de infraestructura y materiales de riego, adecuación del cuarto de emergencia y el congelador panorámico fueron depreciados a cinco años; las cajas de emergencia junto a las bandejas se depreciaron a dos años y seis meses, y las jaulas y las tijeras podadoras a dos años.

Presupuesto de costos de producción

Contempla todos los insumos y mano de obra requeridos en las diferentes actividades necesarias para la producción masiva de ambos insectos (es decir el parasitoide y su huésped): desde las labores de campo, mano de obra, insumos para siembra y mantenimiento de 5.000 plantas de *M. paniculata*; cría de *D. citri*; colecta de material genético nuevo de *D. citri* y *T. radiata* en el campo; insumos para colecta e infestación de plantas con *D. citri*, fertilización, riego y manejo de plagas y enfermedades de *M. paniculata*, hasta la recolección de *T. radiata* en cuarto de emergencia (tabla 8).



Tabla 8. Presupuesto de costos de producción en pesos colombianos de 2015

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Manejo agronómico de las plantas de <i>Murraya paniculata</i>			
Fertilizantes			
Fosfacel 20-53-0 1 kg	4	18.000	72.000
Nitrato de potasio 50 kg	2	175.000	350.000
Campo Fert Nk x 50 kg	1	174.000	174.000
Sulfex Zinc Campofert x 1 kg	40	1.200	48.000
Urea	3	55.300	165.900
Sulfex Magnesio Campofert x 1 kg	20	1.400	28.000
Sulfex Hierro Campofert x 1 kg	10	3.000	\$30.000
Sulfex Cobre Campofert x 20 kg	1	190.000	190.000
Borosol Soluble x 20 kg	2	12.000	24.000
Regulador fisiológico			
Hormonagro x 100 g	3	99.000	297.000
Rootex x 1 kg	2	53.500	107.000
Herramientas			
Polisombra (m ²)	52	4.060	211.100
Bolsas (unidad)	5.000	125.000	626.400
Lima triangular bastarda	6	5.900	35.600
Fungicida			
Ridomil x 375	1	18.400	18.400
Sustrato para cultivo de plantas			
Turba Pindstrup orange	3	121.900	365.900
Cascarilla x 50 kg	10	15.800	150.800
Arena fina x m ³	2	10.500	21.000
Insumos			
Jabón en polvo, bolsa 4 kg	5	28.200	141.000
Azadiractina (neem), 1 L	4	35.000	140.000

(Continúa)

(Continuación tabla 8)

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Aceites minerales 1 L	4	47.000	188.000
Diazinon granulado, 1 kg	4	45.750	183.000
Cipermetrina, 1 L	4	17.000	68.000
Previcur (propamocarb), 1 L	2	103.800	207.600
Captan o sulfato de cobre, 1 kg	4	39.000	156.000
Subtotal			3.998.700
Colecta del psílido asiático de los cítricos, <i>Diaphorina citri</i>			
Aspirador artesanal			
Tarro plástico	6	300	1.800
Manguera transparente para nivel de agua (m)	3	700	2.100
Goteros para usar como boquillas	6	300	1.800
Subtotal			5.700
Proceso de emergencia de <i>Tamarixia radiata</i>			
Colecta de adultos			
Tarro plástico para colección de adultos	1.000	300	300.000
Aspiradores eléctricos	3	270.000	810.000
Guantes de nitrilo (50 unidades)	1	44.000	44.000
Tapabocas x caja (50 unidades)	1	10.400	10.400
Subtotal			1.164.400
Mano de obra			
Cuatro operarios	(4)	1.068.000	51.264.000
Profesional de apoyo	(1)	3.500.000	42.000.000
Energía (kW)	781	1.200	937.150
Agua (m ³)	10,6	1.150	11.800
Subtotal			94.212.950
Total			99.381.000

Fuente: Elaboración propia

Para los costos de producción de *T. radiata* se tuvieron en cuenta cantidades de insumos, materiales y mano de obra requeridos en cada uno de los procesos de producción. Se incluyó el pago de servicios públicos, agua y energía. Para el agua se calcularon los centímetros cúbicos (cm³) consumidos en el mantenimiento de plantas según precio comercial del m³ de agua de zona. En cuanto a la energía, el costo se refiere al consumo realizado por los equipos que requieren ponerse en funcionamiento para mantener la temperatura ambiente en 27 °C.

El costo de la mano de obra operativa implicada en la producción de *T. radiata* se calculó de acuerdo con el salario mínimo mensual legal vigente (smmlv) de Colombia de 2015 (Colombia 2014), incluyendo prestaciones sociales y parafiscales, es decir, \$1.068.917 pesos colombianos. Se requieren cuatro operarios tiempo completo para el desarrollo de las actividades, entre ellas el corte de brotes infestados con ninfas de *D. citri* parasitadas con *T. radiata*, la colecta de adultos de *T. radiata* en el cuarto oscuro de extracción, y otras actividades como almacenamiento y envío de los parasitoides a los sitios donde estos se liberan. Además, se consideró el valor del salario del profesional que debe estar al frente del proceso.

A partir de la información técnica, se calculó un promedio mensual aproximado de unidades emergentes (individuos de *T. radiata*) con el fin de estimar el costo aproximado por unidad emergente. Esta estimación monetaria se calculó en peso colombiano (COP), a precios corrientes de 2015.

La colecta de *D. citri* se realiza con el fin de obtener nuevo material genético para renovar el pie de cría y evitar la degradación genética de las poblaciones en su reproducción, y la infestación de las plantas con los insectos. En el CI Palmira, la colecta de *D. citri* se efectúa con una frecuencia quincenal. Estas salidas se programan también para coleccionar nuevo material genético de *T. radiata* y otras actividades como el monitoreo de poblaciones, colecta de semillas de *M. paniculata* y estudio de otros enemigos naturales de *D. citri* que se puedan encontrar en el campo.

La mano de obra se considera un costo fijo; en este caso, equivale al salario del profesional de apoyo y a cuatro smmlv, con prestaciones sociales, que es el costo del salario de los cuatro operarios contratados con carácter permanente para que se ocupen de todas las labores requeridas en las distintas fases del proceso. No obstante, se considera pertinente conocer la distribución de tiempo que se le asigna a las actividades relacionadas con la colecta y procesamiento de las semillas y manejo agronómico de *M. paniculata*, de acuerdo con la frecuencia con que se realizan; el resumen se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. Actividades requeridas para siembra y manejo agronómico de *Murraya paniculata*

Descripción	N.º de personas	Frecuencia (N.º días/mes)
Colecta de semilla	2	2
Transporte de semilla	2	2
Despulpe	2	2
Almacenamiento	2	2
Siembra	1	2
Mantenimiento	2	0,3

Fuente: Elaboración propia

Costo unitario promedio de *Tamarixia radiata*

Para deducir el costo de producir un individuo emergente de *T. radiata* se calculó el costo anual de las inversiones al dividir cada monto entre la vida útil previamente definida; al total de las inversiones se le sumaron los costos anuales de producción y el resultado se dividió por el total estimado de individuos producidos en un año (240.000 parasitoides). Los resultados se presentan en la tabla 10. En la primera columna se menciona la descripción del gasto; en la segunda, el valor total de la producción anual de individuos, y en la última, el valor de producción de un individuo.

Tabla 10. Costo unitario, promedio, de producción de *Tamarixia radiata* en pesos colombianos en el año 2015

Producción anual de 240.000 individuos	Valor/año	Valor/individuo
Valor anual de inversiones con vida útil de cinco años	7.556.300	31,5
Valor anual de inversiones con vida útil de dos años y seis meses	1.398.960	5,8
Valor anual de inversiones con vida útil de dos años	1.584.850	6,6
Costo total anual de producción	99.381.000	414,1
Valor total de producción de <i>T. radiata</i> (inversión + costos)	109.921.000	458

Fuente: Elaboración propia

Resumen global de los costos de producción masiva de *Tamarixia radiata* en Corpoica, CI Palmira

Es importante tener en cuenta que para la investigación desarrollada en Corpoica, CI Palmira solo se requirió la adecuación de infraestructura porque ya se contaba con la casa de vidrio y el cuarto de emergencia. No obstante, alguien que desee replicar este ejercicio y no cuente con esas construcciones deberá contemplar el egreso correspondiente. En la tabla 11 se presenta el resumen de costos calculados para la producción de *T. radiata* en Corpoica, CI Palmira.

Tabla 11. Inversiones y costos de producción de *Tamarixia radiata*, en pesos colombianos en el año 2015

Descripción	Total
Adecuación de infraestructura y materiales de riego	30.071.500
Adecuación de cuarto de emergencia (2,70 m x 3,6 m) (cuarto oscuro)	3.710.000
Contenedor de adultos para liberación (congelador panorámico vertical)	4.000.000
Total inversiones con vida útil de cinco años	37.781.500
82 cajas negras para emergencia de <i>Tamarixia radiata</i> (40 cm x 50 cm x 50 cm)	2.021.800
328 bandejas para cajas de emergencia de <i>Tamarixia radiata</i>	1.475.600
Total inversiones con vida útil de dos años y seis meses	3.497.400
Fabricación de 160 jaulas de cría (70x70x70 cm)	3.079.700
Tijera de podar bypass	90.000
Total inversiones con vida útil de dos años	3.169.700
Manejo agronómico de las plantas de <i>M. paniculata</i>	3.998.700
Colecta del psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i>	5.700
Proceso de emergencia de <i>Tamarixia radiata</i>	1.164.400
Servicios públicos (agua y energía)	948.950
Mano de obra	93.264.000
Total costos anuales de producción	109.921.000

Observaciones sobre los costos de producción

Dentro del costo total de producción anual de *T. radiata*, las inversiones, si se considera la depreciación anual de las mismas, representan el 9,6%, mientras que el restante 90,4% corresponde a los costos anuales de producción. El costo de producción unitario (=1 individuo de *T. radiata*), de ≈\$458 de pesos colombianos, puede variar de acuerdo con el número de unidades emergentes, por eso es importante tener en cuenta que existen variables externas que pueden afectar el ciclo promedio de producción de *T. radiata* como la temperatura, el ciclo productivo por planta de *M. paniculata*, la densidad de población y velocidad de reproducción de *D. citri*.

Al revisar detalladamente los costos de producción es posible observar que el rubro de mayor peso es el de mano de obra (84,8%). Se debe prestar atención especial a este ítem porque la mayor sensibilidad de los costos del proceso productivo se presenta ahí debido a que las prácticas desarrolladas son intensivas en mano de obra, dado que muchas deben ser desarrolladas artesanalmente. En ese sentido, si se desea disminuir los costos, la estrategia debería estar enfocada en reducir el tiempo requerido para efectuar las actividades de cada una de las fases de producción. Por otra parte, se observó que el manejo agronómico de *M. paniculata* representa el 3,6% del costo total de producción.



