

Costos de producción en ambiente protegido de clones para reforestación

Production costs in greenhouse conditions of clones for reforestation

Olman Murillo-Gamboa¹ • Yorleny Badilla-Valverde¹ • Sonia Barboza-Flores²

Abstract

In this research was constructed a broad costs model for the estimation of inbred clonal plants production under greenhouse conditions. The model manages to include items never before considered like genetic material value, infrastructure (greenhouse), security, infrastructure maintenance, investment costs, land rental, and in general, a rigorous inclusion of fixed costs. As part of the model, there is also incorporated the royalty payment to Instituto Tecnológico de Costa Rica, for each single plant produced under the brand GENFORES, as part of a spin off development. This has enabled the construction of a very robust, realistic and integral costs model that will allow a deeper discussion about real costs of reforestation plants. The production costs for a single cloned plant are ¢ 255 or US \$ 0.44, at an exchange rate of 1 \$ = ¢ 572, where ¢ 124.4 are variable costs and ¢ 130.6 (51 %) fixed costs as well. Labor costs represents a 40 % of the variable costs, meanwhile security and debt payments explain around 38 % of fixed costs. Minicuttings costs production was estimated to be ¢ 166 (US \$ 0.29). From this value ¢ 50 are variable costs and ¢ 116 (70 %) are fixed costs. Labor costs represents 76 % of production costs and represent the principal costs trigger in the whole model of plant production for reforestation. Its management and reduction options will undoubtedly be the main challenge in order to achieve a successful production and commercialization of cloned plants.

Key words: Economy, clonal forestry, greenhouse, nursery, breeding, Costa Rica.

1. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica; Cartago, Costa Rica; olmuga@yahoo.es;
yorleny.badilla@yahoo.es

2. Escuela de Ingeniería en Agronegocios, Instituto Tecnológico de Costa Rica; sbarboza@tec.ac.cr

Recibido: 05/02/2018

Aceptado: 06/06/2018

Publicado: 28/06/2018

DOI: 10.18845/rfmk.v15i37.3597

Resumen

En esta investigación se logró construir un modelo de costos sumamente amplio para determinar los costos de producción de plantas clonadas en ambiente protegido. El modelo logra incluir rubros nunca antes contemplados en estudios similares, como lo son el costo del material genético, el costo de la infraestructura (invernadero), vigilancia, mantenimiento de infraestructura, costos del pago de inversión, alquiler de terreno y en general, una rigurosa inclusión de costos fijos. Como parte del modelo se integra también el pago de una regalía al Instituto Tecnológico de Costa Rica, por cada planta producida bajo la marca GENFORES, como parte del proceso de conformación de una empresa universitaria. Esto ha permitido la construcción de un modelo de costos sumamente robusto, realista, integral, que permitirá una discusión profunda sobre el tema de costos reales de plantas para reforestación. Los costos de producción de una planta clonada son ₡ 255 (US \$ 0,44, tasa de cambio 1 \$ = ₡ 572), donde ₡ 124,4 son costos variables y ₡ 130,6 (51 %) son costos fijos. La mano de obra explica un 40 % de los costos variables, mientras que los costos de vigilancia y de pago de la inversión explican casi un 38 % del total de costos fijos. Los costos de producción de mini-estaquillas o almácigo son de ₡ 166 (US \$ 0,29). De este total, ₡ 50 son costos variables y ₡ 116 (70 %) son costos fijos. La mano de obra significa un 46 % de los costos de producción, el principal disparador de los costos de producción de plantas clonadas. Su disminución será sin duda el principal desafío para una gestión exitosa de producción y comercialización de plantas clonadas.

Palabras clave: economía, silvicultura clonal, invernadero, viveros, mejoramiento genético, Costa Rica.

Introducción

La silvicultura clonal continúa su avance en la región como parte de un paquete tecnológico de mayor productividad. En Costa Rica, el mercado de plantas clonadas para reforestación ha aumentado vertiginosamente en los últimos años, hasta superar el 60 % de la demanda en el 2012 (Murillo y Guevara 2013; Murillo et al. 2013). Varias compañías forestales establecen ya el 100 % de sus plantaciones comerciales con base en plantas clonadas provenientes de programas propios de mejoramiento genético (Murillo, Badilla y Rojas 2016). Por tanto, la oferta de plantas para reforestación migra poco a poco hacia tecnologías modernas de producción en ambiente protegido, siguiendo el modelo del eucalipto brasileño (Xavier, Wendling y Silva 2013).

El mercado de plantas para reforestación está aún compuesto por dos modalidades de producción, el vivero tradicional con plántulas reproducidas sexualmente en una presentación de bolsa plástica, vs el invernadero de producción clonal (cuttings) con material mejorado genéticamente, presentado en Jiffy, ellipot o miniestaquilla sin pote. El sistema en bolsa plástica logra ofertar sus plantas en precios desde los ₡ 120 (\$ 0,22) y ₡ 150 (\$ 0,25), mientras que las miniestaquillas en Jiffy se venden a precios entre los ₡ 225 (\$ 0,39) y ₡ 300 (\$ 0,52) (Murillo y Guevara 2013). El sistema tradicional de vivero se ha concentrado en pequeños y medianos productores, con una capacidad de ventas por lo general, no mayor a las 100 000 plántulas anuales. Por el contrario, los sistemas de producción clonal logran ventas casi todo el año, y dos empresas operadores forestales han alcanzado ya la capacidad de propagación de 1 millón de miniestaquillas/año. Precios desde \$ 0,39 a \$ 0,52 por planta clonal son sumamente altos para el establecimiento de una plantación forestal.

Estos precios del mercado nacional de clones han estado regidos por la oferta y demanda sin ningún tipo de control, no se conoce el verdadero costo de producción, y en particular, no se conoce el costo del valor genético del material que se clona masivamente. Con la determinación de la estructura de costos de producción, es posible encontrar dónde y cómo reducirlos, con el propósito de lograr producir clones con un valor de mercado más competitivo en la región. Este estudio se realizó con el propósito de determinar

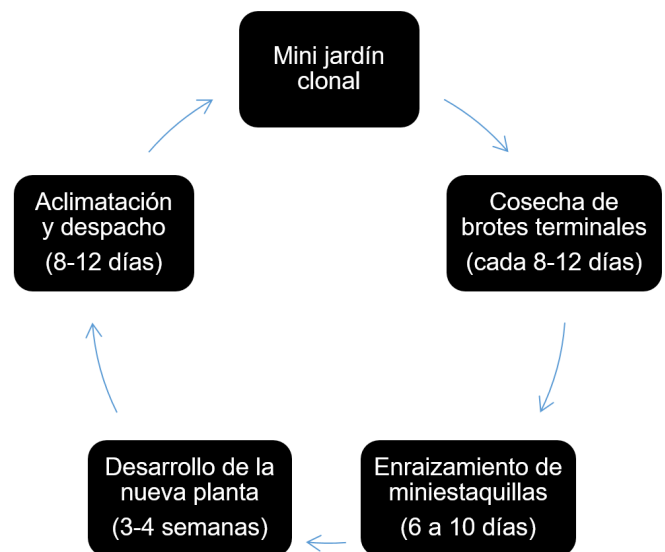


Figura 1. Ciclo de producción de plantas clonadas de teca y melina en ambiente protegido

Figure 1. Teak and melina clonal production cycle under greenhouse conditions

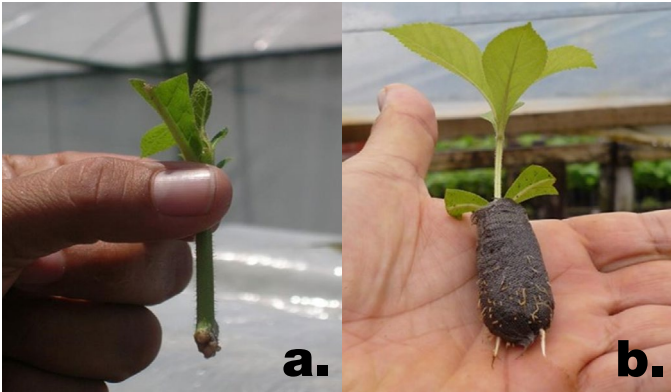


Figura 2. Mini-estaquilla con brotes radicales en emergencia (a); planta completa para llevar a plantación, desarrollada en Jiffy de 36 mm, con un sistema radical bien desarrollado (b).

Figure 2. mini-cutting with emerging root sprouts (a); complete plant ready to plant, developed in Jiffy 36 mm, with a good root system developed (b).

el costo real de plantas clonadas para reforestación, y establecer con ello un estándar de referencia nacional.

Material y Métodos

Descripción del proceso de producción clonal

Los datos que se desarrollan a continuación se obtuvieron como parte de un esfuerzo de compilación y sistematización de conocimiento generado en aproximadamente 18 años de investigación desarrollo e innovación en producción clonal forestal de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica en su sede regional de San Carlos, Zona Norte, Costa Rica. Esta experiencia formó parte de igual cantidad de años de asistencia técnica y consultorías a empresas miembro de la cooperativa de mejoramiento genético forestal, así como a empresas reforestadoras (operadores forestales) de la región latinoamericana (Murillo y Badilla 2003, Chacón y Murillo 2005; Vallejos et al. 2010; Murillo, Espitia y Castillo 2012; Murillo, Badilla y Rojas 2016; Badilla, Xavier, Murillo 2016; Badilla y Murillo 2017).

La producción de plantas clonadas de teca y melina en ambiente controlado, siguen un flujo continuo como se muestra en la figura 1. En suma, un ciclo completo para producir una planta clonada para ser llevada a campo, requiere entre 4 y 6 semanas en el caso de la melina y, de 6 a 8 semanas para la teca.

Como parte del flujo de producción, en cada uno de los pasos del ciclo mostrado en la figura 1, ocurrirá una



Figura 3. Bancales de arena para el establecimiento de minijardines clonales

Figure 3. Sand beds for the establishment of mini clonal gardens

pérdida de plantas potenciales producto de mortalidad y control de calidad. En el primer estadio, del total de brotes (meristemos o tips) que se cosechan del jardín clonal, aproximadamente un 15-20 % no logra enraizar y producir nuevos brotes en melina. Mientras que la tasa de enraizamiento en teca supera normalmente el 90-95 %. Los brotes que logran enraizar y brotar se convierten en miniestaquillas, conocidos también como cuttings. Sin embargo, aproximadamente un 10 % de estas nuevas plantas no logran alcanzar un desarrollo requerido en esta fase, por lo que son descalificadas para ser plantadas en campo. En esta etapa, la planta continúa con su desarrollo normal, genera nuevos pares de hojas y después de 3 a 4 semanas, inicia con la fase de aclimatación (endurecimiento o lignificación) para poder ser llevada a campo. En esta última fase ocurrirá de nuevo un control de calidad, que podrá eliminar otro 10 % de plantas no aptas para ser enviadas a terreno. Por lo general, una planta clonal apta debe contener no menos de 3 pares de hojas verdaderas, una altura total en su sección aérea no menor a unos 15 cm, un sistema radical masivo y bien desarrollado, que en caso de utilizar Jiffy como contenedor, las raíces deberán proliferar y ser visibles en toda su periferia.

Proyección de la producción

Para organizar la estructura de costos, se desarrolló un estudio para la creación de un modelo empresarial real de producción de 500 000 plantas clonadas/año, principalmente de teca y melina. El mercado de producción y venta de plantas para reforestación en Costa Rica, se concentra en un periodo de 4 a 6 meses como máximo, donde mayo a agosto son los meses de mayor actividad. La proyección de producción de medio



Figura 4. Minitúneles para el enraizamiento de estaquillas

Figure 4: Mini tunnels for cutting-rooting

millón de plantas, se descompuso en una producción de 100 000 plantas completas para la venta y, las 400 000 restantes en almácigo o mini-estaquillas (Figura 2).

Costos de inversión (Infraestructura), equipos, herramientas y del material genético

En los costos de inversión de un sistema de producción clonal se tiene como el principal elemento todo lo relacionado con la infraestructura del ambiente protegido (invernadero). Este es un costo que ocurre al inicio de la actividad, pero con una vida útil promedio de 20 años. El ambiente protegido está compuesto a su vez por tres componentes principales: área de minijardín clonal, área de enraizamiento y área de aclimatación y despacho. El área de minijardines clonales contiene en su interior, la construcción de camas o mesas, donde se albergan las denominadas plantas madre o colección genética. Estas camas de manera ideal, deben estar levantadas sobre el terreno. En Costa Rica no se consigue en el mercado este tipo de estructuras, por lo que se requiere construirlas sobre el terreno mismo en bancales de arena, tal y como se muestra en la figura 3.

El área de enraizamiento requiere de la construcción de minitúneles o cámara húmeda, donde las miniestaquillas se someten a su enraizamiento (Figura 4). En estas condiciones ambientales permanecen por al menos 2 a 3 semanas hasta completar su fase de enraizamiento.

A esta infraestructura base, debe añadirse área de bodegas (preferiblemente separado agroquímicos y combustibles de herramientas, bandejas y otros), servicios sanitarios y duchas, y finalmente, un área administrativa.

El costo de la infraestructura se estimó a partir de una relación entre el costo global de construcción de invernaderos, dividido entre el área efectiva en producción (en m²). Se utilizaron datos reales de varias

empresas, que recientemente construyeron este tipo de invernaderos. Entre ellos, la empresa que se adjudicó el desarrollo del nuevo invernadero de producción clonal a establecerse en el 2018, en el campus del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en su sede en San Carlos. De aquí se obtuvo entonces una relación costo/m² de invernadero.

Los costos de oficinas, bodegas, sanitarios y duchas se basó en el costo/m² de construcción 2017 del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. El costo de las bodegas y servicios sanitarios se basó en ₡ 350 000/m² (\$ 612), mientras que para la oficina se utilizó un valor de ₡ 400 000/m² (\$ 700).

El sistema requiere desde sus inicios, la adquisición de una serie de equipos de riego con sistema de bombeo, tensiómetros, medidores de pH, balanzas, bombas de espalda, bandejas plásticas. Entre las herramientas se incluye estañones, carretillos, baldes, escaleras, mangueras, entre otros. Estos equipos y herramientas se estima que tienen una vida útil esperada de 5 años. Los costos de los equipos se obtuvieron con su valor de mercado actual.

Finalmente, se tiene el material genético que puede considerarse como la inversión inicial de mayor valor del sistema de producción de plantas clonadas. Este consiste en una colección de plantas denominadas plantas madre, que serán sembradas en bancales de arena en el área conocida como minijardín clonal. Estas plantas están debidamente identificadas y provienen de árboles plus de un programa de mejoramiento genético debidamente establecido. Estas plantas se reproducirán masivamente y son las proveedoras de mini estaquillas (brotes de meristemas), que se convertirán luego en plantas comerciales para reforestación. Se asume que su vida útil es de aproximadamente 10 años, que corresponde con el ciclo de una generación de mejoramiento genético forestal en nuestras condiciones (Murillo, Badilla y Rojas 2011). Al término de este tiempo, vendrá una nueva generación de material genético (clones) que suplantarán al material inicial, dadas sus ventajas en productividad, tolerancia a enfermedades, adaptación a ambientes marginales, etc. Estos minijardines clonales se renuevan completamente, con los mismos clones, cada 2 a 3 años como máximo, con el fin de mantener su juvenilidad fisiológica.

La estimación del costo del material genético se obtuvo de la siguiente manera: a) costo de selección de árboles plus (se asume 5 días de campo de personal calificado), b) costo de visitas a campo captura del árbol plus (injertado, colecta de semilla o de brotes), c) costo de tres visitas a campo con personal calificado, d) costo de establecimiento y propagación en invernadero (costo normal de producción de una planta clonal). Se calcula el costo para la producción de un total de

aproximadamente 100 rametos/árbol plus, necesarios para poder evaluar el clon o genotipo en ensayos de campo, e) costo de evaluación en campo de los árboles seleccionados (ensayos genéticos) durante al menos 8 años. Este valor se estimó con base en el costo normal de establecimiento, mantenimiento y manejo de una plantación forestal de 2 ha de tamaño. Finalmente, todos estos costos se sumaron y dividieron entre 10 años de vida útil de un clon multiplicado por la producción anual de plantas, que corresponde con la duración esperada de un ciclo de mejoramiento genético.

Costos Fijos

Los costos fijos, por definición, son aquellos que ocurren de manera independiente de la producción. Es decir, en su caso extremo serían aquellos costos que ocurrirán a pesar de que no haya producción. Por lo general incluye los costos de inversión (infraestructura, equipamiento, herramientas y otros relacionados), pero también se acostumbra que incorpore los costos de mantenimiento de infraestructura, así como costos de pago de servicios públicos, alquileres, pago de inversiones o préstamos, impuestos, etc.

Para la determinación del pago de la inversión inicial (construcción de infraestructura, equipamiento y herramientas), se construyó un modelo financiero basado en un préstamo asumido por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal de Costa Rica (FONAFIFO), que utiliza una tasa del 6 % anual, con 7 años para su cancelación.

Tal y como se describió en el apartado anterior, dada la naturaleza y el rol esencial del material genético en el sistema de producción clonal, debe incluirse como un costo fijo del modelo global de costos. Este es uno de los recursos de mayor valor en el modelo, ya que la producción clonal moderna se sustenta precisamente,

en el mejoramiento genético al más alto nivel posible. Por tanto, la base genética conformada por al menos 15 a 20 clones (genotipos), es un activo del modelo y su costo es parte de la inversión inicial. Su vida útil se estima en 10 años, que corresponde con el tiempo establecido para el desarrollo de una nueva generación de mejoramiento genético. En ese momento, la empresa deberá adquirir una nueva colección de material genético por 10 años adicionales.

El modelo de costos fijos incluyó el pago de un alquiler de la tierra en una porción de finca en la zona norte del país (1300 m² efectivos construidos en invernaderos, junto con 65 m² en bodegas, oficinas y sanitarios), más accesos para vehículos (1000 m² adicionales), que en su conjunto suman poco menos de 2400 m² en extensión, con un costo de alquiler estimado en ₡ 400 000/mes (\$ 700).

Estructura administrativa del modelo

Todo modelo empresarial requiere de una estructura administrativa mínima, que en su mayor parte se destinará a los costos fijos. El sistema de producción requerirá de la estructura de personal disponible en la figura 5.

La administración de la empresa requiere de la presencia de una persona calificada, preferiblemente profesional, cuyas labores fijas de administración son esencialmente de planeamiento, presupuestos, ventas, publicidad, mantenimiento de sitio web, atención a clientes, comercialización, entre otros. Se estima que para el volumen de producción de 500 000 plantas anuales, esta persona podrá atender las labores con una dedicación de 1/3 de tiempo laboral.

En el modelo desarrollado se contempla un mando medio al nivel de técnico, cuya función es asistir en labores de planeamiento, atención de clientes, despacho de plantas, control de inventarios y en el manejo del recurso humano ocasional. Así también se requiere un peón de campo permanente para labores de mantenimiento y de apoyo a la producción. Se asume que para una producción de 500 000 plantas anuales, tanto el técnico como el peón agrícola tendrán solamente un medio tiempo como costo fijo. El restante medio tiempo formará parte de las labores rutinarias de producción.

Se necesitará también al menos dos personas para labores de vigilancia nocturna y de fines de semana, que formarán parte de los costos fijos.

Las actividades de contabilidad para una empresa de este tamaño, podrá ser canalizada a través del pago de servicios contables profesionales, cuyo costo fijo se estima en ₡ 100 000/mes (Badilla, Jineth, Contadora Pública Autorizada, comunicación personal).

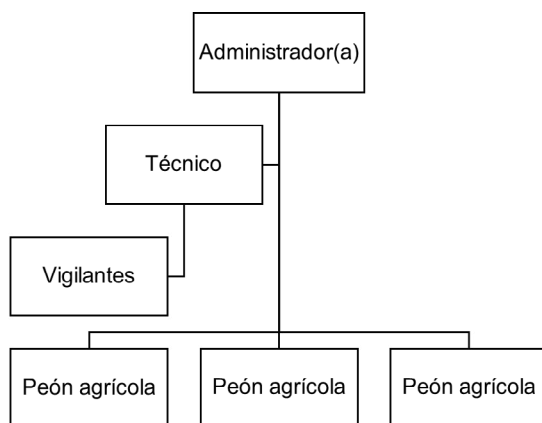


Figura 5. Estructura administrativa del modelo de producción clonal

Figure 5. Administrative layout for a clonal production model

Cuadro 1. Costos por planta clonada de inversión inicial requerida en infraestructura, equipamiento y herramientas, para la producción forestal clonal de un modelo de 500 000 plantas anuales. Los valores indicados corresponden con la contribución de cada rubro en el costo en colonos de producción de una planta individual para plantación (1 US \$ = ¢572)

Table 1. Costs of initial investment per cloned plant required in infraestructura, equipment and tools, for the clonal production of a model of 500000 annual plants. Indicated values correspond with the contribution of each item to the production costs in colonos per single plant for reforestation (1 US \$ = ¢572).

Costos de inversión inicial (infraestructura, equipamiento, otros)	
Preparación de terreno, lastreado, drenajes, cercas (v.u. 20 años)	3,09
Construcción del Invernadero (v.u. 20 años)	7,81
Equipo de riego (v.u. 5 años)	1,68
Equipamiento (bandejas, Jiffy, otros, v.u. 3 años)	51,30
Bodegas, oficinas, duchas, sanitarios, otros (v.u. 20 años)	3,08
Herramientas, equipo, muebles, otros (v.u. 5 años)	2,05
Total	¢ 69,01 (\$ 0,12)
Costos de mano de obra	
Establecimiento del minijardín clonal	1,84
Manejo y mantenimiento del MJC	13,45
Manejo de área de enraizamiento	8,24
Manejo área de aclimatación y despacho	19,58
Mano de obra administrativa ligada a la producción	5,76
Total	¢ 48,87 (\$ 0,09)
Costo de plantas madre (árboles plus clonados)	
Selección del árbol plus	0,84
Propagación del árbol plus	1,14
Establecimiento colección genética en invernadero	0,70
Evaluación genética, comprobación en campo	2,72
Total	¢ 5,39 (\$ 0,0094)
Costos de agroquímicos	
Fertilizantes (hidropónicos, foliares, otros)	0,74
Fungicidas, insecticidas	0,22
Otros productos (reguladores de crecimiento)	0,14
Total	¢ 1,09 (\$ 0,002)
Gran Total	¢ 124,36 (\$ 0,22)

Costos de Operación

Los costos de operación son los que se necesitarán para financiar la producción anual u operativa del sistema. En síntesis comprende los costos de manejo y mantenimiento de toda la infraestructura, así como los costos involucrados en la reproducción vegetativa a escala comercial de las plantas clonadas que van a campo. Incluye todos los insumos (agroquímicos) y la mano de obra temporal asociada.

La información se registró, se sistematizó y se fue validando a través de los años con la participación de

otros invernaderos que operan a escala comercial. Estos invernaderos privados se localizan en las empresas miembro de la cooperativa de mejoramiento genético forestal GENFORES, ubicados en Costa Rica, Ecuador, Colombia, Brasil y Nicaragua.

Costo de la planta clonal completa y costo del almácigo

El costo de la planta completa para ir a campo se obtuvo con la ecuación 1.

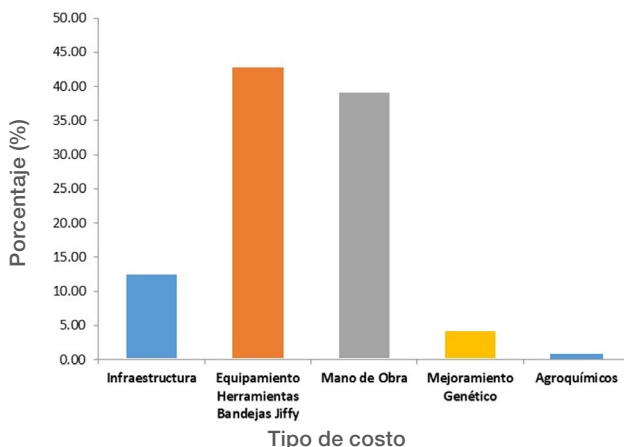


Figura 6. Distribución porcentual de los costos de inversión y de producción de plantas clonadas para reforestación, basado en un modelo de producción de 500000 plantas anuales, 100000 en Jiffy y 400000 en almácigo.

Figure 6. Percentage distribution of investment and production costs of cloned plants for reforestation, based on a production of 500000 per year, 100000 in Jiffy and 400000 in seedlings

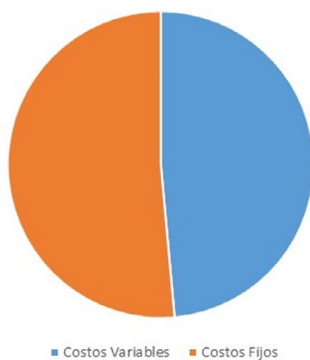


Figura 7. Proporción de costos fijos y variables en la producción de plantas clonadas para reforestación en Costa Rica.

Figure 7. Fixed and variable costs proportion in cloned plants for reforestation in Costa Rica.

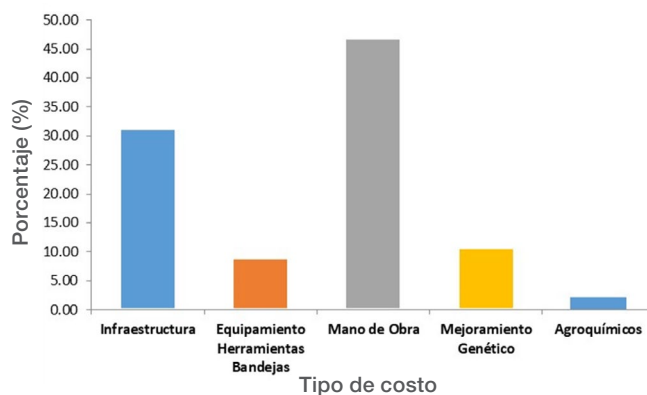


Figura 8. Distribución porcentual de los costos de inversión para la producción de almácigo clonal. Modelo basado en la producción de 400000 mini estaquillas anuales.

Figure 8. Percentage distribution of investment costs for clonal seedling production. Model based on the production of 400000 mini cutting per year.

$$\text{Costo de producción} = \frac{\text{CostosDeInversión}}{\text{Vida Útil}} + \frac{\text{Costos fijos (planilla y otros)} + \text{Costos variables}}{\text{Producción anual}}$$

El costo del almácigo (Figura 2) se estimó básicamente con la misma información del modelo de costos de una planta completa, pero se le eliminaron los costos que ocurren posterior a la fase de enraizamiento de una miniestaquilla en un mini túnel. Es decir, se le eliminó al modelo todos aquellos costos asociados con el uso del Jiffy (pote), trasplante a Jiffy, aclimatación y preparación de planta para su salida final a campo.

Resultados

Con base en el trabajo de sistematización y registro, se logró depurar la base de datos existente y se construyó la información que se resume en los cuadros 1 y 2. La información que se presenta corresponde al peso de cada rubro en el costo final de producir una planta clonal para plantación. Estos cuadros contienen los datos de los costos de inversión inicial en infraestructura, los costos de producción, los costos de mejoramiento genético y los costos de agroquímicos.

Estos costos suman un total de ₡ 124,36 (\$ 0,22) por planta, cuya distribución porcentual se muestra en la figura 6. Puede observarse que los costos de equipamiento, herramientas, bandejas y jiffys son los más altos (42,9 %), donde el costo de los Jiffys explican casi un 85 % de su totalidad. La mano de obra relacionada con la producción es el segundo rubro con casi un 40 % del costo global. Mientras que los costos de mejoramiento genético y agroquímicos suman juntos poco más de un 5 %.

Los costos fijos se muestran a continuación en el cuadro 2, cuya información se organizó en dos subgrupos, costos fijos de servicios y de mano de obra, y costos fijos producto del pago de la inversión, de la utilidad, de la regalía (Royalty al Instituto Tecnológico de Costa Rica) por el usufructo de la marca GENFORES.

Los costos fijos registran un valor sumamente elevado, un 51 % como se muestra en la Figura 7. Dentro de estos costos, los rubros más elevados son el pago de la inversión (21 %) y el de vigilancia (17 %).

Costos de producción de almácigo clonal

En la figura 8 se muestra la estructura de costos de producción de almácigo clonal, cuyo costo total por planta es de ₡ 166 (US \$ 0,29). De este total, ₡ 50,18 (\$ 0,09) corresponde a los costos variables y ₡ 115,8 (70 %)

Cuadro 2. Costos fijos en la producción clonal forestal (colones por planta individual).

Table 2. Fixed costs in the forest clonal production (colones per individual plant).

Variable	Costo (colones)
Mantenimiento de infraestructura	2,40
Administrador con cargas sociales (1/4 tiempo)	7,87
Salario Jefe de Viveros con cargas sociales (1/2 salario)	3,28
Peón agrícola permanente con cargas sociales (1/2 salario)	2,49
Vigilancia con cargas sociales (2 personas)	22,73
Alquiler de terreno	9,60
Pago de electricidad	6,00
Pago de agua	4,80
Telefonía, internet	2,40
Servicios contables	2,40
Sub total	63,97 (\$ 0,11)
Imprevistos 5 %	9,42
Pago de inversión	26,98
Utilidad para reinversión (15%)	28,25
Pago FUNDATEC (Royalty, 1 % de planta vendida)	2,00
Sub total	66,94 (\$ 0,12)
Total Costos Fijos	130,61 (\$ 0,23)
Costo Total por planta clonal	¢ 254.97 (\$ 0,446)

a los costos fijos

Puede observarse que de los costos de producción de almácigo, la mano de obra significa un 46 %, seguido por la infraestructura (31 %).

El rubro de equipamiento, herramientas y bandejas es ahora mucho menor al de producción de plantas completas, explicado por el peso del costo de los Jiffys, que es sumamente elevado.

Discusión

La estructura de costos de producción permite identificar cuáles rubros son los disparadores de gasto y posibles rutas de control o disminución. Es decir, se convierte en información esencial para la toma de decisiones y el planeamiento estratégico.

En esta investigación se logra construir un modelo de costos sumamente amplio, que logra incluir rubros nunca antes contemplados en estudios similares, como lo son el costo del material genético, el costo de la infraestructura, vigilancia, mantenimiento de infraestructura, costos de inversión, alquiler de terreno y en general, una rigurosa inclusión de costos fijos. Esto

ha permitido la construcción de un modelo de costos sumamente robusto, realista, integral, que permitirá una mejor discusión sobre el tema de costos reales de plantas para reforestación.

De manera general puede observarse que los costos de producción de plantas clonadas que genera este modelo son sumamente altos (¢ 255 o US\$ 0,44). Los precios actuales del mercado nacional de plantas oscilan entre los ¢ 225 y los ¢ 300, mientras que a nivel latinoamericano los valores de material clonal genéticamente mejorado, oscilan entre los US\$ 0,15 (¢ 85) y \$ 0,25 (¢ 145) (Xavier, Wendling, Silva 2013). Costa Rica es sin duda un país caro, donde el costo de la mano de obra es hoy día el más alto de la región latinoamericana (US \$ 726 mensual con cargas sociales). Puede observarse que si no se incluyen los costos fijos, el costo de la mano de obra es el segundo rubro más caro (40 % de los costos). En la producción de almácigo, la mano de obra representa un 45 % de los costos de producción (Figuras 6 y 8). Estos costos generales de producción relativamente altos, están sin embargo dentro del promedio nacional actual, de entre ¢ 225 y ¢ 300. Pero no son competitivos fuera del país, por ejemplo para mercados potenciales en los dos países vecinos Nicaragua y Panamá. La única manera de mejorar la relación costo/planta sería por tanto, 1) aumentando la producción con los mismos costos fijos; 2) aumentando el rendimiento del personal

en algunas labores clave como: en cosecha y preparado de miniestaquillas del minijardín clonal, manejo de las plantas en la fase de aclimatación, mecanizando algunas labores como limpieza de bancales; 3) eliminando algunas labores como el trasplante a Jiffy al poner a enraizar la mini estaquilla directamente; 4) aumentando el rendimiento y la eficiencia del personal en algunas labores como cosecha de brotes, preparación de brotes, trasplante, reducción foliar, etc. En fin, todas las acciones que logren reducir la relación entre el número de jornales/producción de plantas clonadas. Un programa de capacitación bien dirigido puede lograr mucho en esta dirección.

Dado que en el diseño del invernadero (ambiente protegido) para este modelo se previó una capacidad de producción de hasta un 25 % adicional, con la misma infraestructura se podría aumentar las ventas a 625000 plantas/año. Esto permitiría que el costo final de la planta completa se reduzca a ¢ 230 (o un 12 % más barato), que corresponde con el límite inferior del precio actual de mercado.

Otra vía para reducir costos es a través de la eliminación o mejor manejo de algunos insumos como 1) sustituir el Jiffy por el ellipot u otra opción de pote; 2) aumentar en un año más la vida útil de las bandejas plásticas (el insumo de mayor costo).

De la estructura de costos del modelo propuesto, puede claramente identificarse que los costos fijos representan el 51 %, lo que limita la posibilidad de penetración del mercado de los productos (planta completa y almácigo). Tal y como se mencionó, los costos por el pago de la inversión representan un 11 % del total de costos. La naturaleza de este tipo de costos fijos en general no permite en el corto plazo ningún tipo de reducción, a menos que se logre aumentar el volumen de producción con los mismos recursos. Puede deducirse fácilmente, que una vez que se logre pagar el financiamiento de la inversión inicial (año 7), la empresa podrá vender las plantas a un precio actual aproximado de mercado de ¢ 210 (15 % menor), que sería inferior al precio más bajo actual del mercado.

Es interesante observar que los agroquímicos representan menos de un 1 % de los costos totales de producción de una planta clonada. Esto puede explicarse por el efecto de la producción de plantas en un ambiente altamente protegido y controlado, donde la demanda de agroquímicos es mucho menor a la de viveros tradicionales. Sin embargo, los fertilizantes si son de suma importancia debido a la naturaleza de los minijardines clonales, que están establecidos en un sustrato inerte e hidropónico. Esto implica que el programa de fertilización debe garantizar la nutrición necesaria, para que el minijardín clonal produzca brotes de forma continua e intensiva durante la mayor parte del

año. Por tanto, el consumo de estos productos explica más del 65 % de los costos de los agroquímicos.

El costo del valor genético de las plantas madre es un elemento novedoso de esta investigación. El modelo de costos construido logra valorar e incorporar este elemento, que sin duda es central en un sistema de producción clonal forestal. El valor genético de las plantas es sin duda un elemento diferenciador de los productos en el mercado. Parte esencial del negocio es precisamente, la posibilidad de reproducir comercialmente y llevar a terreno plantas con el mayor valor genético en adaptabilidad, productividad, tolerancia a enfermedades, entre otros. Sin embargo, su impacto en el costo total de la planta es realmente pequeño, con apenas un 2 %.

El almácigo o miniestaquilla (cutting) con sus primeros brotes radicales y foliares, es el producto estratégico, un producto nuevo y diferenciador en el mercado. En el país existen competidores en la producción comercial de plantas completas para el establecimiento de plantaciones. Más de 45 viveros censados en el último estudio de mercado así lo testifican (Murillo y Guevara 2013). Por tanto, la estrategia de producción proyecta una mayor concentración de esfuerzos en la obtención de almácigo o miniestaquillas para el mercado nacional o también, para los dos países vecinos. Tal y como se espera, en la figura 8 se muestra que el costo total de producción de una planta de almácigo, es significativamente menor al de una planta completa (¢ 166/planta o también US \$ 0,29). Sin embargo, el peso de los costos fijos es aún mayor en la producción del almácigo con un 70 % de los costos totales.

Conclusiones

Los costos de producción de una planta clonada son ¢ 255 (US \$ 0,44), donde ¢ 124,4 son costos variables y ¢ 130,6 (51 %) son costos fijos. La mano de obra explica un 40 % de los costos variables.

Los costos de vigilancia y de pago de la inversión explican casi un 38 % del total de costos fijos.

Los costos de producción de mini-estaquillas o almácigo son de ¢ 166 (US \$ 0,29). De este total, ¢ 50 son costos variables y ¢ 116 (70 %) son costos fijos. La mano de obra significa un 46 % de los costos de producción.

La mano de obra es el principal disparador de los costos de producción de plantas clonadas. Su disminución será sin duda el principal desafío para una gestión exitosa de producción y comercialización.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado con fondos de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, así como parcialmente por la licencia sabática otorgada a Olman Murillo en el año 2015.

Referencias

- Badilla, Y. y Murillo, O. Modelo de costos para la producción clonal, (2008). En: II Simposio Internacional de Silvicultura Clonal. 25-26 Noviembre, 2008. Heredia, Costa Rica.
- Badilla Y.; Murillo, O. (2009). Evolución de los sistemas de propagación clonal in vivo de teca en Costa Rica. En: I Congreso Internacional del Cultivo de teca. Universidad de Quevedo, Ecuador. 16-17 de setiembre, 2009.
- Badilla, Y.; Murillo, O. (2012). Evolución de los sistemas de propagación clonal de teca. En: II Simposio OLAT, 12-13 noviembre. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
- Badilla, Yorlenny; Xavier, Aloisio; Murillo, Olman. (2016). Resgate vegetativo de árboles de *Tectona grandis* Linn F. pelo enraizamiento de estacas. *Revista Nativa (Brasil)* vol 4 (2): 91-96.
- Badilla, Y.; Murillo, O. (2017). Modelo sostenible de abastecimiento de material genético para reforestación comercial a escala nacional. En: V Congreso Nacional de Sistemas Agroforestales. 16-17 noviembre, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- Badilla, Y.; Murillo, O. (2017). Modelo sostenible de abastecimiento de material genético para reforestación comercial a escala nacional. En: V Congreso Nacional de Sistemas Agroforestales. 16-17 noviembre, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- Chacón, P; Murillo, O. (2005). Análisis comparativo de la producción de minijardines clonales hidropónicos y jardines clonales en tierra de melina (*Gmelina arborea* Roxb.). *Kurú: Revista Forestal* 2(6):7-14
- Murillo, O., Badilla, Yorlenny, & Obando, German. (2001). ¿Semillas versus propagación vegetativa: hacia dónde vamos?. *Revista Forestal Latinoamericana* 16 (30): 67-77.
- Murillo, O. & Badilla, Y. (2003). Potencial de mejoramiento genético de la Teca en Costa Rica. In Simposio sobre la teca. 26-28.
- Murillo, O.; Badilla, Y.; Rojas, F. (2011). Estrategia de mejoramiento genético para la cooperativa GENFORES. Ponencia magistral En: XII Congreso Nacional Colombiano de Mejoramiento Genético de Cultivos. Montería, Córdoba, Colombia. 22-24 de junio, 2011.
- Murillo, Olman; Guevara, Víctor. (2013). Estado de los recursos genéticos forestales de Costa Rica. MINAET/FAO/CONAGEBIO, San José, Costa Rica. 159 pp.
- Murillo, O.; Wright, J.; Monteuuis, O.; Montenegro, F. (2013). Capítulo 6: Mejoramiento genético de la teca en América Latina. En: De Camino, R.; Morales, J.P. (eds). *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades.*

Boletín Técnico 397. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 86-111 p.

- Murillo, O.; Badilla, Y.; Rojas, F. (2016). Desarrollo del mejoramiento genético forestal en Costa Rica y liderazgo regional con especies tropicales En: XIV CONAFA, 25-27 de octubre, Belén, Costa Rica.
- Murillo, O.; Torres, G., Carvajal, D., Badilla, Y. (2017). Costos de producción de árboles de navidad (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Costa Rica. *Rev. Agronomía Costarricense*. Vol 41 (1): 81-93.
- Murillo, O., Espitia, M., & Castillo, C. (2012). Fuentes semilleras para la producción forestal (1 ed.). Bogotá, Colombia: Editorial Domar S.A.S.
- Vallejos, J.; Badilla, Y.; Picado, F.; Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *Revista Agronomía Costarricense* 34(1): 105-119.
- Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R. L. (2013). *Silvicultura clonal: principios e técnicas*. 2 Ed. Viçosa, Universidade Federal Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 279 p.

Este artículo debe citarse como:

Murillo-Gamboa, O; Badilla-Valverde, Y; Barboza-Flores, S. (2018). *ICostos de producción en ambiente protegido de clones para reforestación. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 15(37), 15-24. doi. 10.18845/rfmk.v15i37.3597*