

UN SISTEMA DE ADMINISTRACION APLICABLE
A VIVEROS FORESTALES CON BASES EN PERT/CPM

Tesis de Grado
MAGISTER SCIENTIAE

Antonio José Paredes Vallejo



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ciencias Forestales Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Abril, 1973

iii

DEDICATORIA

A la memoria de Patricia María
para el recuerdo de siempre

UN SISTEMA DE ADMINISTRACION APLICABLE A VIVEROS FORESTALES

CON BASE EN PERT/CPM

Tesis

Presentada al consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



Thomas McKenzie, M.F.

Consejero



Pablo Rosero, M.Sc.

Comité



Earle Smith, M.F.

Comité



Adalberto Gorbitz, Ing.Agr.

Comité

Abril, 1973

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus agradecimientos:

- Al Ing. Thomas McKenzie, Consejero Principal, por la orientación y constante estímulo durante la realización de este trabajo.
- A los miembros del Comité, Ing. Pablo Rosero, Ing. Earl Smith e Ing. Adalberto Gorbitz, por la atención y revisión de este trabajo.
- Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA a través de la Zona Norte por haberme concedido la beca.
- A todas aquellas personas e instituciones que colaboraron en una u otra forma para la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en República Dominicana, el 28 de noviembre de 1948.

Realizó sus estudios primarios en el Colegio Calasanz y secundarios en el Liceo Unión Panamericana donde obtuvo el título de bachiller en el año 1966.

Desde setiembre de 1966 hasta agosto de 1971 permaneció en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional "Pedro Henríquez Ureña" donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo.

En setiembre de 1971 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, como estudiante regular del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, en Turrialba, Costa Rica. Después de cumplir con todos los requisitos de la Escuela para Graduados, obtuvo el grado de Magister Scientiae en abril de 1973.

CONTENIDO

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 1.1. Objetivo del estudio | 2 |
| 1.2. Alcance de la investigación | 3 |
| 2. REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. Actividades normales llevadas a cabo en los vive- ros | 4 |
| 2.2. Qué es PERT? | 4 |
| 2.3. Elementos del PERT | 6 |
| 2.4. Ventajas del PERT | 8 |
| 2.5. PERT/Tiempo | 9 |
| 2.6. PERT/Costo | 9 |
| 2.7. Desventajas del PERT/CPM | 10 |
| 2.8. Diversas aplicaciones donde ha sido utilizado PERT/CPM | 11 |
| 2.9. Diferencias entre PERT y CPM | 11 |
| 2.10. Revisión de especies forestales comunes | 12 |
| 2.10.1. Prácticas de vivero con <u>Eucalyptus deglupta</u> Blume | 12 |
| 2.10.2. Prácticas de vivero con <u>Eucalyptus globulus</u> Labill | 13 |
| 2.10.3. Prácticas de vivero con <u>Pinus caribaea</u> Morelet var. <u>hondurensis</u> Golfari & Barret | 14 |
| 2.10.4. Prácticas de vivero con <u>Cupressus lusitanica</u> Mill | 15 |
| 3. MATERIALES Y METODOS | 16 |
| 3.1. Selección de los viveros en estudio | 16 |
| 3.2. Localización, condiciones ecológicas y niveles de producción por especie de los viveros selec- cionados | 19 |
| 3.2.1. Vivero Diversificación Agrícola | 19 |
| 3.2.2. Vivero El Alto | 19 |
| 3.2.3. Vivero IICA-CTEI | 20 |
| 3.2.4. Vivero Orosi | 20 |
| 3.3. Programación del trabajo | 21 |
| 3.3.1. Lista de funciones generales que se llevan a cabo dentro de cada vivero | 21 |

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 3.3.2. Construcción de un patrón de actividades genera les | 22 |
| 3.3.3. Organización del tiempo necesario para la pro- ducción del vivero | 23 |
| 3.4. Cálculo de camino crítico | 23 |
| 3.4.1. Cálculo del tiempo de terminación más próxima (TTP) | 24 |
| 3.4.2. Cálculo del tiempo de terminación más tardía (TTT) | 25 |
| 3.4.3. Rutas críticas | 26 |
| 3.5. Descripción de las variables a medir | 27 |
| 3.5.1. Duración de la actividad | 27 |
| 3.5.2. Costos directos | 27 |
| 3.5.2.1. Mano de obra | 27 |
| 3.5.2.2. Materiales | 27 |
| 3.5.3. Costos indirectos | 28 |
| 3.6. Recolección de la información | 28 |
| 3.7. Análisis de la programación | 28 |
| 3.7.1. Análisis de la ruta crítica | 29 |
| 3.7.2. Actividades críticas | 30 |
| 3.7.3. Condiciones locales que pueden alterar el pro- yecto | 30 |
| 4. RESULTADOS | 31 |
| 4.1. Planificación del patrón general | 31 |
| 4.2. Descripción de las actividades que integran el patrón general y funciones que abarcan | 31 |
| 4.3. Diferencias y criterios de los encargados jefes de los viveros en estudio del patrón general de planificación | 38 |
| 4.3.1. Vivero Diversificación Agrícola | 38 |
| 4.3.2. Vivero El Alto | 39 |
| 4.3.3. Vivero IICA-CTEI | 41 |
| 4.3.4. Vivero Orosi | 42 |
| 4.4. Cálculo de la programación normal | 42 |
| 4.5. Resumen de las pérdidas de plantas por actividad y por especie en los viveros en estudio | 46 |

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 4.6. Variaciones debidas a la selección de especies .. | 46 |
| 5. DISCUSION | 52 |
| 5.1. Variaciones de costos por planta | 52 |
| 5.2. Factores que influyen en el costo por actividad . | 54 |
| 5.3. Características o propiedades del patrón general y su análisis | 55 |
| 5.3.1. Aprovechamiento de la holgura disponible | 56 |
| 5.3.2. Modificación de la presentación del patrón ge- neral | 56 |
| 5.4. Una aplicación del sistema PERT/CPM al manejo práctico del vivero | 58 |
| 5.4.1. Cambios en el camino crítico | 60 |
| 5.5. Justificación de la aplicación de PERT/CPM al ma- nejo de viveros | 61 |
| 6. CONCLUSIONES | 64 |
| 7. RESUMEN | 66 |
| 7a. SUMMARY | 68 |
| 8. LITERATURA CITADA | 70 |
| APENDICE | 73 |

LISTA DE CUADROS

| Cuadro N ^o | | <u>Página</u> |
|-----------------------|---|---------------|
| 1 | Población de viveros forestales en Costa Rica (Diciembre 1972) | 17 |
| 2 | Producción total y por especies de los viveros seleccionados | 18 |
| 3 | Cálculo de la programación normal de actividades en el vivero Diversificación Agrícola para la especie <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> | 43 |
| 4 | Resumen de las pérdidas reportadas de plantas por actividad y por especie en el vivero Orosi | 47 |
| 5 | Resumen de las pérdidas reportadas de plantas por actividad y por especies en el vivero El Alto | 48 |
| 6 | Resumen de las pérdidas reportadas de plantas por actividad y por especies en el vivero Diversificación Agrícola | 49 |
| 7 | Distribución de tiempos en las actividades Germinación y Período de Crecimiento en los viveros en estudio para las especies <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> , <u>Eucalyptus deglupta</u> , <u>Eucalyptus globulus</u> , <u>Cupressus lusitanica</u> (El tiempo expresado en días) | 50 |
| 8 | Comparación de actividades entre viveros de costos por planta para la producción de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> . (Todos los valores están expresados en colones. US\$1,00 = ₡8,57 colones. 1973) | 53 |
| 9 | Estimaciones sobre la aplicabilidad del sistema PERT/CPM en varios tipos de viveros | 62 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura N ^o | | <u>Página</u> |
|-----------------------|--|---------------|
| 1 | Ejemplo de cálculo de camino crítico | 24 |
| 2 | Diagrama de flechas o red de actividades orientadas para viveros forestales. Patrón general de planificación | 32 |
| 3 | Diagrama de flechas o red de actividades orientadas para el vivero Diversificación Agrícola, especie <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> | 45 |
| 4 | Diagrama de barras de la ruta crítica del programa para el vivero Diversificación Agrícola, especie <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> | 57 |
| 5 | Diagrama de barras de la ruta crítica del programa para los viveros Diversificación Agrícola, IICA-CTEI, Orosi y El Alto, para <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> | 59 |

1. INTRODUCCION

Una labor primaria para llevar a cabo cualquier programa de forestación racional es el vivero. Debido a la importancia del vivero en este tipo de programa, tanto en el aspecto técnico como económico, cabe señalar que sería de vital importancia un estudio que ordene y dé una idea objetiva de cómo se podrían interrelacionar todas las actividades que se realizan dentro del vivero de la manera más efectiva. La incorporación de un vivero en un programa forestal requiere una administración ordenada; y dentro del mismo vivero es imprescindible que el elemento biológico del vivero sea manejado para ofrecer un mayor número de plantas en un tiempo dado y dentro del mismo presupuesto y recursos disponibles. Las condiciones climatológicas de un país son muy diversas y tenemos que adaptarnos en el manejo de viveros a ellas, produciendo una metodología pertinente para obtener la calidad de plantas requerida. Es posible, entonces, que la debida incorporación del vivero en un programa será facilitada por medio de la misma organización dentro del vivero; esto es lo que se persigue en el estudio de ordenamiento a base de PERT/CPM.

El mayor problema que enfrenta el administrador en la actualidad especialmente en el vivero, es como coordinar las diversas actividades para lograr su objetivo. Cuando hay una sola secuencia del proceso, este no será difícil de planificar, no obstante la complejidad de la técnica de cada actividad. Pero cuando hay varias secuencias simultáneas es allí donde PERT/CPM puede ayudar al administrador.

En 1957 la Casa Du Pont desarrolló un sistema que podría mejorar el método de planificación y programación de actividades simultáneas que se llamaba PERT/CPM (Program Evaluation and Review Technique/

Critical Path Method)(8). Estos dos métodos son usados por la dirección para, con los medios disponibles, planificar el proyecto a fin de lograr su objetivo con éxito. Estos métodos no pretenden sustituir las funciones de la dirección, sino ayudarla. Hasta el momento no se ha tratado de implantar el sistema de PERT/CPM en la parte del manejo de viveros o en general en los aspectos biológicos de la Dasonomía; sin embargo, Olive y Umland (27) utilizaron un sistema de contabilidad en viveros forestales. Este trabajo se llevó a cabo en dos grandes viveros, con una producción total de 23 millones de plantas/año. Se determinaron los costos totales, producción y costos por unidad de diferentes especies por cinco años. Luego se detallaron los costos directos e indirectos de cada actividad por especie dentro de los viveros en estudio. Se admite que el sistema de contabilidad no es perfecto, pero si bastante simple; también que éste es razonablemente preciso, pero que no es necesariamente lo indicado para la administración de viveros.

1.1. Objetivo del estudio

El presente trabajo se concreta a probar un método basado en PERT/CPM (Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method). El objetivo único de este trabajo es formular un sistema de organización de las actividades funcionales en el vivero adecuadas para su producción técnica y económica, la cual será aplicable a muchos tipos de viveros forestales con pequeñas modificaciones de acuerdo con las condiciones locales.

La hipótesis entonces es que se puede efectuar una buena administración del vivero a través de PEI.I/CPM que incorpore las actividades dentro del vivero, y además relacione el vivero a su medio ambiente. Los resultados de este estudio deben incluir las actividades funcionales para alcanzar una producción máxima dentro de los límites de recursos encontrados en los viveros forestales en una forma lógica y de fácil modificación.

1.2. Alcance de la investigación

Este estudio abarca los cuatro viveros forestales de mayor producción de Costa Rica como ejemplo de varios climas, métodos de producción y objetivos diferentes.

Se estudian cuatro variables importantes como son: 1) mano de obra; 2) tiempos de actividades; 3) costos directos y 4) nivel de capacitación del personal encargado. Los resultados serán generalmente aplicables en muchas otras zonas con pocas modificaciones, debido a condiciones locales que se encuentren allí.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Actividades normales llevadas a cabo en los viveros

Se han realizado muchos estudios sobre actividades individuales dentro del vivero y orden que estas deben seguir, así como sus costos. Stoeckeler y Engstrom (36) al referirse a las actividades que deben seguirse en el vivero, citan primeramente la recolección y selección de la semilla por plantar, selección de especies, sitio, personal que trabajará, herramientas y equipos especializados, manejo de suelo, preparación de semilleros, irrigación, fertilización y otras más.

En varios trabajos coincidieron que las actividades por seguirse dentro del vivero son: a) selección y desarrollo del sitio; b) preparación de las camas; c) selección de la semilla; d) facilidades para la obtención de mano de obra; e) deshierbe; f) fertilización; g) irrigación; h) control de plagas y enfermedades (4, 15, 16, 26, 32, 37, 38, 40). Pimentel (30) divide el vivero en tres secciones que son: a) semillero; b) envasado; c) trasplante o crecimiento. Dentro de cada una de estas secciones existen varias actividades, ninguno de estos criterios nos dice como se podrían interrelacionar estas actividades para obtener de ellas un máximo de eficiencia y un mínimo de costos, tiempos o mano de obra.

2.2. Qué es PERT?

Evarts (12) indica que PERT es una técnica para planificación y control, provista de aditamentos cuantitativos. Su fundamento lo constituye el gráfico o red, que representa el trabajo por actividad

funcional necesaria para alcanzar el objetivo. Se distingue de otras técnicas de planificación y control por el grado de utilización de la lógica en la adecuada programación de actividades simultáneas sobre el tiempo para cumplir el proyecto.

PERT es un símbolo utilizado para representar una gran variedad de conceptos. Estos conceptos, incluyen: 1) representación en forma de red de los planes; 2) predicción del tiempo de los programas; 3) reconocimiento y medida de la incertidumbre; 4) adaptación al ambiente y a las circunstancias (35).

Los fundamentos de los sistemas PERT y CPM se ven en las representaciones gráficas del proyecto mediante diagramas de flechas, o también lo podemos llamar red de flechas. La red se crea según el orden de realización de las tareas u actividades, paso a paso, hasta el final del proyecto. La red incluye todas las actividades del proyecto. Un trabajo encargado a una persona, bien lo realice personalmente o lo hagan operarios a sus órdenes, es lo que se define por actividad.

Gráficamente, una actividad está representada de dos partes: la primera que es la ejecución del trabajo y está representada por una flecha generalmente con orientación de izquierda a derecha; y la segunda se llama suceso o evento, que generalmente se dibuja con círculos, poniéndolos en los extremos de la flecha. El círculo situado a la izquierda de la flecha se le denomina suceso o evento inicial; y el suceso o evento que conecta al comienzo de la flecha se le denomina suceso o evento final. La longitud de la flecha no representa la cantidad de tiempo que dura una actividad. Ahora, la actividad en sí

requiere tiempo y recursos que se incluyen en las tabulaciones que acompañan el diagrama de flechas.

2.3. Elementos del PERT

Los elementos sobre los que se construyen los conceptos PERT son los siguientes:

1. Un acontecimiento. Es el punto en el tiempo, en el que algo ha sucedido o una situación ha llegado a nacer. La aproximación de un acontecimiento puede envolver trabajo, pero el acontecimiento en sí no toma tiempo, por lo que ningún trabajo se representa por un acontecimiento.

2. Una actividad. Es una tarea claramente definida, con respecto a la cual se aplica una conocida cantidad de mano de obra y otros recursos. En el PERT básico, una actividad representa los esfuerzos aplicados durante un período de tiempo y está enlazada por dos acontecimientos.

3. Estimaciones de tiempo. El PERT asocia un tiempo pasado con una actividad. El procedimiento de estimación constituye la columna vertebral de la técnica del PERT. Existen tres estimaciones de tiempo: a) Un tiempo optimista: es el tiempo que se necesitará si se procediera en condiciones ideales. Es una estimación no realista. b) Un tiempo pesimista: es lo contrario del optimista, salvo las situaciones totalmente incontrolables. c) Un tiempo más probable: el tiempo que, en términos generales se basa en experiencias anteriores de los estimadores, tomará esta actividad con más probabilidad.

4. Tiempo esperado. Las tres estimaciones de tiempo se combinan matemáticamente en dos fórmulas que producen la información requerida, el tiempo esperado PERT. Es decir, el tiempo esperado se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T_e = \frac{T_p + 4 T_n + T_o}{6}$$

donde:

T_e = Tiempo esperado

T_o = Tiempo optimista

T_n = Tiempo normal

Esta fórmula divide el espacio total de la probabilidad por la mitad. Existe un 50% de probabilidad de que el tiempo que se necesita actualmente será igual o mayor que el esperado.

5. Amplitud. Facilita una medida del grado de incertidumbre que se asocia con el tiempo esperado.

6. Red. Es la primera etapa que consiste en analizar las tareas componentes y sus interdependencias. El resultado de este análisis es una red de acontecimientos y actividades que define las secuencias en serie y en paralelo de las actividades y acontecimientos que deben ocurrir para alcanzar el objetivo final. La segunda etapa de la red es de asegurar las estimaciones de tiempo y calcular el tiempo esperado para cada actividad.

7. Camino crítico. Una de las consecuencias lógicas será más larga que las restantes; este camino más largo se denomina camino crítico, ya que es el que determina la longitud del tiempo necesario para alcanzar el acontecimiento objetivo. Tiene dos características principales.

En primer lugar si ha de acortarse el programa, una o más de las actividades del camino crítico deben hacerse más cortas o eliminarse. La aplicación de esfuerzos adicionales será inútil a menos que el camino crítico se haga más corto primeramente. En segundo lugar, si el tiempo necesario para la marcha actual de una actividad en el camino crítico varía del tiempo esperado calculado, esta variación se reflejará en el tiempo a alcanzar el acontecimiento objetivo.

8. Holgura. Puesto que el camino crítico se define como el más largo en tiempo, desde el acontecimiento inicial al final, el resto de los acontecimientos y actividades en la red descansa en caminos que son más cortos. Esto significa que en estos caminos existe holgura o tiempo disponible. Estos caminos se denominan como caminos con holgura y son áreas donde pueden encontrarse exceso de recursos de personal, disponibilidades o duraciones de actividades demasiado cortas (5, 35).

2.4. Ventajas del PERT

Davis (9) nos dice algunas ventajas de PERT sobre otros sistemas:

- a. Ayuda a tomar decisiones en el manejo haciendo énfasis en el planeamiento fijando responsabilidades para varios planes de acción.
- b. PERT ayuda en el control administrativo fomentando el manejo anticipado. El proyecto y su progreso pueden ser rápidamente determinados y a menudo predichos.
- c. Sirve para la localización de recursos. La necesidad de recursos puede ser determinado con anterioridad. El sistema permite un intercambio más real de los recursos.

2.5. PERT/Tiempo

Toda actividad consume tiempo y dinero, salvo las actividades ficticias. Cada actividad, definida y precisada por la implantación del gráfico que fija el proceso elegido, debe ser estimada en cuanto a la duración de su realización. Es importante no considerar ese concepto de duración sino después de haber terminado el gráfico, esto es, la definición de las actividades. El manejo de los datos PERT/Tiempo se describe en el capítulo 2.3. para estimar la duración de cada actividad.

La duración debe:

- a. incluir todos los detalles de la operación prevista;
- b. aproximarse tanto como sea posible a la realidad;
- c. expresarse en una unidad común a todas las actividades del programa (días, semanas, meses, años);
- d. finalmente, todas las actividades reales sin excepción deben ser objeto de una estimación (35).

2.6. PERT/Costo

Es una extensión del PERT/tiempo; su objetivo consiste en desarrollar un plan de acción sobre los costos, mediante la aplicación de las necesarias técnicas de estimación de los mismos y para actuar como un monitor en la determinación de las desviaciones, es decir, la diferencia entre los costos reales y los planificados. Al igual que cualquier método de planificación y control de la dirección, es un medio por el que puede establecerse un plan y generarse una información que

ayude al administrador a controlar actividades, mostrando dónde y cuando varía un plan en la operación actual de los objetivos previstos.

La información que se facilita en el PERT/Costo por su parte se ha concebido precisamente para esta finalidad, y está comprendida por una sola estimación de los costos para llevar a cabo la actividad dentro de los recursos disponibles. El sistema PERT/Costo ayuda a los directores a encontrar los puntos débiles y las áreas críticas que están creando problemas ahora, o que pueden crearlos probablemente en el futuro (33, 35).

2.7. Desventajas del PERT/CPM

Davis (9) cita algunas desventajas en el PERT y son las siguientes:

1. El PERT no es mejor que el administrador.
2. El PERT puede requerir mucha atención de manejo. Aunque las decisiones pueden ser de mayor peso, alguien tiene que designar la red de trabajo y hacer los cálculos.
3. PERT no prevé automáticamente los retrasos, no sustituye al jefe en los problemas con el personal.
4. PERT puede diferir de los manejos tradicionales de recursos.
5. El PERT tiene pequeñas técnicas inadecuadas aunque probablemente sin importancia en las aplicaciones de manejo de recursos.

2.8. Diversas aplicaciones donde ha sido utilizado PERT/CPM

Malcolm (24) al referirse sobre las diversas aplicaciones que ha tenido PERT en los últimos tiempos cita:

1. Instalación de un nuevo computador.
2. Programas de alojamiento en la defensa civil.
3. Los procesos de nuevos productos.
4. Actividades de construcción y mantenimiento.
5. Proceso de pronósticos financieros.
6. Operaciones mineras.
7. Programas de desarrollo.
8. Control de carreteras.
9. Control de costos.
10. Control de documentación.
11. Presupuesto de ingeniería.

2.9. Diferencias entre PERT y CPM

Cosinuke (6) indica que el aspecto fundamental en que difieren PERT y CPM consiste en:

1. PERT utiliza tres tipos de tiempos que son: a) tiempo normal; b) tiempo pesimista y c) tiempo optimista. CPM utiliza el tiempo normal de la actividad.

2. PERT estima una duración de cada tarea u operación de los proyectos basándose simplemente en un nivel de coste, mientras que CPM relaciona duración y coste, de modo que el coste total del proyecto sea mínimo (8).

2.10. Revisión de especies forestales comunes

Se tomaron en cuenta las especies Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Golfari & Barret, Eucalyptus deglupta Blume, Eucalyptus globulus Labill, y Cupressus lusitanica Mill por presentar en los viveros en estudio una mayor cantidad producida con respecto a la producción total.

2.10.1. Prácticas de vivero con Eucalyptus deglupta Blume

Conservación de la semilla

El poder germinativo de semillas mantenidas al ambiente es relativamente corto (3 meses), siendo necesario guardarlas en cámaras frías y bien cerradas (18, 19).

Barnad (3) indica que las semillas de E. deglupta guardadas bajo condiciones ambientales mantiene su viabilidad hasta tres meses. En depósitos fríos y cerradas herméticamente pueden conservarse por varios años (22, 41). Según Larsen citado por Grijpra (18), indica que las semillas de E. deglupta necesita mucho más cuidado que las semillas de otras especies de eucalipto y que se deben guardar en botellas cerradas en forma hermética y en ambiente con temperatura de 12 a 40C.

Germinación y trasplante

Generalmente la germinación comienza a los 4-8 días de sembrada y terminada a los 20 días. No obstante se han observado casos en los cuales la mayoría de la germinación se presentó a los 30 días. Semillas frescas usadas en Turrialba germinaron 36 horas después de la siembra (18).

Grijpma (18) señala que en el vivero del IICA en Turrialba se trasplantan las plántulas a recipientes cuando tienen alrededor de 1-1,5 cm, lo cual se hace a pleno sol. Debe regarse frecuentemente después del trasplante.

2.10.2. Prácticas de vivero con Eucalyptus globulus Labill

Conservación de la semilla y germinación

Presenta las mismas características que las demás especies de eucalipto. La germinación comienza a los 4-8 días después de sembrada y termina generalmente a los 20 días.

Trasplante

La práctica más importante es el repique, el cual varía según condiciones ecológicas. Se recomienda hacer el repique a los 60-90 días después de germinada la semilla (14).

Siembra directa

La distribución de la semilla en el terreno definitivo no dá resultados positivos, pero no obstante en otras regiones del mundo la reforestación por siembra directa de esta especie ha dado buenos resultados cuando se agregan al suelo cenizas provenientes de quemas previas de los campos (14).

Sobre el uso de siembra directa en envases plásticos se han encontrado resultados variados, así por ejemplo se comprobó (10, 11) una disminución del 50% en el rendimiento de esta clase de envases en comparación con los de papel. Avila (2) recomienda que las mudas se dejen en camas de trasplante y no en macetas u otros envases para

evitar que las raíces se apilotonen en un espacio limitado.

Los métodos de plantación a raíz desnuda se recomiendan solamente en estaciones de clima húmedo (7) y las plantas deben tener una altura de 25-30 cm para ser llevadas al campo; esta altura es alcanzada a los 2-3 meses después de la siembra de la semilla (34).

2.10.3. Prácticas de vivero con Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Golfari & Barret

Conservación de la semilla

Según Voorhoeve y Weelderen (39) al referirse a su almacenamiento indica que las semillas de P. caribaea se deben de mantener a una temperatura de -4°C a -8°C con una humedad de 7-9 por ciento, esta humedad puede ser controlada con la aplicación de silica-gel (una práctica común).

Las semillas deben enviarse en pequeñas cantidades al vivero para evitar cambios bruscos de temperatura con respecto al lote total.

Germinación y trasplante

La germinación de esta especie comienza a los 4-8 días después de sembrada la semilla.

Marrero (25) indica que las plántulas se pueden trasplantar tan pronto germina, pero generalmente el trasplante comienza a las tres o cuatro semanas después de la siembra. Trasplantes hechos hasta las doce semanas de siembra han dado una supervivencia prácticamente de 100 por ciento. Agrega que el trasplante de las plántulas en bolsas de polietileno ha dado resultados excelentes, no solo por la calidad del material biológico sino también por su fácil manejo.

Siembra directa en envases

Voorhoeve y Weelderen (39) indican que este método resulta atractivo por su simplicidad, pero presenta el inconveniente de que las fallas por envase son muy altas debido a la baja germinación de la semilla. Este problema se podría disminuir agregando más semillas por envase. Sin embargo, trabajos realizados en Cuba por Díaz (10) indican la sustitución del semillero y trasplante por la siembra directa de la semilla a los envases, así se ahorraría mucha mano de obra, materiales. Las plántulas obtenidas presentaban un mejor desarrollo y su crecimiento era más rápido.

2.10.4. Prácticas de vivero con Cupressus lusitanica Mill

Se reporta que el C. lusitanica se puede utilizar tanto para siembra directa en eras como para cajas de germinación (20, 23, 28, 29).

Siembra directa

Se afloja el terreno de las eras a una profundidad de 15-20 cm luego se tira la semilla sobre las eras y se cubre con una capa fina de tierra. Puede agregarse una capa adicional de arena de unos 6 milímetros de espesor lo cual ayudará a prevenir la pudrición del tallo. Las eras deben de mantenerse bien húmedas durante el período de germinación que generalmente dura de 2 a 3 semanas (20).

3. MATERIALES Y METODOS

Este capítulo abarca una descripción, localización y condiciones ecológicas de los viveros en estudio; además la justificación de la selección de los viveros. Explica también la metodología que fue utilizada, recolección de datos, las actividades que se tomaron en cuenta dentro de cada vivero como también los que se incluyen en los costos directos y en los tiempos de duración de cada actividad.

3.1. Selección de los viveros en estudio

Los viveros forestales que existen en Costa Rica hasta diciembre de 1972 son: IICA-CTEI, El Alto, Orosi, La Garita, Diversificación Agrícola, Nicoya, San Ramón, Ciudad Quesada. El Cuadro 1 detalla sus características principales de la población de viveros forestales disponibles al inicio de este estudio.

Se tomaron para este estudio los viveros, El Alto, IICA-CTEI, Diversificación Agrícola y el de Orosi debido a que tienen diferencias ecológicas, diferencias en niveles de producción, distintas técnicas de producción y diferentes objetivos. Las diferencias en nivel de producción se pueden observar en el Cuadro 2. Los objetivos varían entre viveros como podremos notar: 1) El Alto al pertenecer a un organismo oficial, la Dirección General Forestal, su objetivo principal está centralizado en el fomento de plantaciones de árboles por parte de instituciones estatales o ensayos de extensión con los agricultores, o sea que no persigue un objetivo remunerativo; 2) el vivero del IICA-CTEI tiene como objetivo principal la producción de plantas para la investigación; 3) el vivero de

Cuadro 1. Población de viveros forestales en Costa Rica (Diciembre 1972).

| Viveros | Producción de plantas/año | Localización por ciudad | Propietario | Objetivo Principal |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| IICA-CTEI* | 50.000 | Turrialba | IICA-CTEI | Investigación |
| El Alto* | 250.000 | Cartago | Servicio Forestal | Comercial y Extensión |
| Orosi* | 125.000 | Orosi | ICE ^{1/} | Conservación |
| La Garita | 100.000 | Alajuela | ICE | Conservación |
| Diversificación Agrícola* | 500.000 | Turrialba | Diversificación Agrícola | Comercial |
| Nicoya | 100.000 | Nicoya | Servicio Forestal | Extensión |
| San Ramón | 35.000 | San Ramón | Servicio Forestal | Extensión |
| Ciudad Quesada | 35.000 | Ciudad Quesada | Servicio Forestal | Extensión |

* Serán estudiados en detalle

1/ Instituto Costarricense de Electricidad

Cuadro 2. Producción total y por especies de los viveros seleccionados.

| Viveros | Producción Anual (estimada) | Producción Periódica por Especie* | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | <u>Pinus caribaea</u> | <u>Cupressus lusitanica</u> | <u>Eucalyptus deglupta</u> | <u>Eucalyptus globulus</u> |
| IICA-CTEI ^{1/} | 50.000 | 10.000 | | | |
| El Alto | 250.000 | 50.000 | 50.000 | 25.000 | 25.000 |
| Diversificación Agrícola | 500.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | |
| Orosi | 125.000 | 30.000 | 35.000 | | |

* Esta producción considera un ciclo típico de seis meses comprendido desde julio hasta diciembre 1972.

^{1/} En este vivero en la actualidad se están produciendo unas 10.000 plantas de Pinus caribaea var hondurensis aproximadamente. Existe una gran cantidad de especies en experimentación que no se tomarán en cuenta debido a la poca cantidad producida de cada una.

Diversificación Agrícola tiene un objetivo comercial compatible con la extensión de plantaciones dentro de un programa de desarrollo, tiende a minimizar costos y tiempos, mejorando las técnicas empleadas; y 4) El vivero Orosi pertenece al Instituto Costarricense de Electricidad (entidad autónoma), utiliza su producción de plantas como incentivo para promover el desarrollo forestal entre los agricultores, protección de cuencas hidrográficas y control de erosión. No tiene un objetivo comercial (forestación y reforestación con fines económicos).

3.2. Localización, condiciones ecológicas y niveles de producción por especie de los viveros seleccionados

3.2.1. Vivero Diversificación Agrícola

Este vivero se encuentra ubicado a un kilómetro de Turrialba. La posición geográfica del valle es 9º 54' latitud Norte y 86º 38' longitud Oeste. La precipitación media anual es de 2400 mm y su temperatura media anual es de 22,3ºC, con una máxima de 26,6ºC y una mínima de 18ºC. Estas temperaturas son promedios de observaciones de los últimos cinco años (7).

La elevación de Turrialba sobre el nivel del mar es 600 metros, y se clasifica según Holdridge (21) como bosque muy húmedo pre-montano. En este valle los cultivos predominantes son la caña de azúcar (Saccharum officinalis) en las partes planas, y el café (Coffea sp.) en las partes más escarpadas. Existen plantaciones en menor grado de varias especies forestales.

3.2.2. Vivero EL Alto

Este vivero se encuentra ubicado a 10 kilómetros al oeste de la ciudad de Cartago, Costa Rica. Su posición geográfica es 9º 53' latitud Norte, 83º57' longitud Oeste. Su precipitación media anual es de 1131 mm y su temperatura media anual es de 19,1ºC con una máxima de 20,1ºC y una mínima de 18,0ºC. Estas temperaturas son promedios de observaciones de los últimos cinco años (7). Su elevación sobre el nivel del mar es 1492 metros, y se clasifica según Holdridge (21) como bosque húmedo pre-montano tropical. En esta zona se cultiva café

(Coffea sp.) y existen grandes extensiones cultivadas de pastos; el más común de esta zona es el kikuyo (Pennisetum clandestinum) y se aprovecha para hatos de leche y algo de carne.

3.2.3. Vivero IICA-CTEI

Este vivero se encuentra ubicado a 3 kilómetros al Este de la ciudad de Turrialba. La precipitación media anual es 2400 mm y su temperatura media anual es de 22,3°C con una máxima de 26,6°C y una mínima de 18,0°C. Estas temperaturas son promedios de los últimos 14 años (7). Su elevación sobre el nivel del mar es 602 metros, y se clasifica según Holdridge (21) como bosque muy húmedo pre-montano tropical. Como este vivero se encuentra en las proximidades del de Diversificación Agrícola, existen los mismos cultivos a su alrededor. Estos terrenos estaban ocupados anteriormente al vivero por cultivos de caña de azúcar (Saccharum officinalis) y café (Coffea sp.).

3.2.4. Vivero Orosi

Este vivero se encuentra ubicado a 8 kilómetros al norte del pueblo de Orosi, Provincia de Cartago. La posición geográfica del valle es de 9° 50' latitud Norte, 83° 58' longitud Oeste. La precipitación media anual es 2010 mm y su temperatura media anual es de 22,0°C. Estas temperaturas son promedios de los últimos cinco años (7). El pueblo tiene una elevación sobre el nivel del mar de 1600 m, y se clasifica según Holdridge (21) como bosque muy húmedo pre-montano tropical. El vivero está ubicado en un terreno escarpado y no existen vestigios de cultivos agrícolas. Existen pequeñas áreas aisladas de

especies forestales a su alrededor.

3.3. Programación del trabajo

El trabajo de campo se llevó a cabo mediante : observaciones directas de las actividades dentro de los viveros y la toma de datos fue por medio de entrevistas. Se formó una lista de actividades del vivero típico, se acumularon datos de cada uno de los viveros en estudio, y luego se planificó como pueden cumplir las mismas funciones a base de PERT/CPM. Luego se comprobó esta planificación con los administradores de los viveros en estudio.

3.3.1. Lista de funciones generales que se llevan a cabo dentro de cada vivero

Se hizo una lista de todas y cada una de las actividades dentro del vivero de acuerdo con las funciones normales para un vivero; además se notó cualquier operación o peculiaridad de la administración que corresponda a condiciones locales. Las funciones normales a considerar fueron las siguientes: a) programación de la producción; b) suministro de semillas; c) germinación; d) preparación del suelo; e) repique u otra operación sustituta; f) preparación dentro del vivero para la plantación; g) deshierbe; h) cuidados de la plantación; i) preparación de las plantas para su despacho. Además del ciclo biológico que puede variar según especies en sí descrito anteriormente, se tomaron en cuenta funciones administrativas como son: a) revisión general o establecimiento de metas y objetivos antes de comenzar el ciclo de producción; b) solicitud de los particulares; c) revisión de cuentas

pendientes; d) fijar la existencia de semillas ya sea importadas o lo
cales; e) notificación al solicitante; f) preparación de factura; g)
confirmación del despacho y h) la preparación y presentación de fac-
tura.

Después de observar y confirmar las actividades en los cuatro vi
veros en estudio, se agruparon las actividades conforme con la metodo
logía de PERT/CPM; es decir de acuerdo con su inicio más temprano po-
sible. En aquellos viveros donde no se realizaba alguna actividad
básica para el buen funcionamiento del mismo, se agregaron las activi
dades necesarias que le faltaban.

3.3.2. Construcción de un patrón de actividades generales

Este patrón será la base de la planificación lógica para todas
las actividades biológicas y administrativas importantes en la produc
ción de un vivero. Se confeccionó un gráfico preliminar en base a los
principios del PERT/CPM. Este gráfico de planificación contendrá las
actividades ya coordinadas y sus momentos de ejecución ideales, sin
incluir en esta planificación los tiempos y costos (la programación).

La programación se llevó a cabo plasmando el plan de trabajo des
crito en la planificación, por medio de un cuadro de tiempos neces-
arios para ejecutar cada una de las respectivas actividades. Solamen-
te el tiempo normal estimado fue utilizado porque se trabajó con CPM.

Con el modelo PERT/CPM sobre la planificación y su debida pro-
gramación, se llevaron a cabo entrevistas a manera de discusión con
los encargados jefes de los viveros en estudio. En estas pruebas se
tomaron en cuenta sugerencias u objeciones que tuviesen ellos a lo

planificado o programado por medio del PERT/CPM. Cuando fue necesario, se rectificó el patrón de manejo para cumplir con las exigencias actuales de los administradores entrevistados.

3.3.3. Organización del tiempo necesario para la producción del vivero

Ya con actividades interrelacionadas y con sus respectivos gráficos de planificación corregidos, se llevó a cabo la programación para el camino crítico utilizando los tiempos que dura normalmente cada actividad. Aquí se trabaja con tiempos de cada una de estas actividades variables ahora interrelacionadas por medio de CPM. Esto se calcula con datos reales obtenidos en los viveros.

3.4. Cálculo de Camino Crítico

Una vez especificadas las duraciones de todas las actividades se podrá calcular la duración del proyecto, determinando el tiempo de ocurrencia más próximo posible para cada actividad. A este tiempo se le designa como TTP (tiempo de terminación más próxima). Luego se calculó los otros factores de CPM, como tiempo de terminación más tardía (TTT), holgura y el camino crítico.

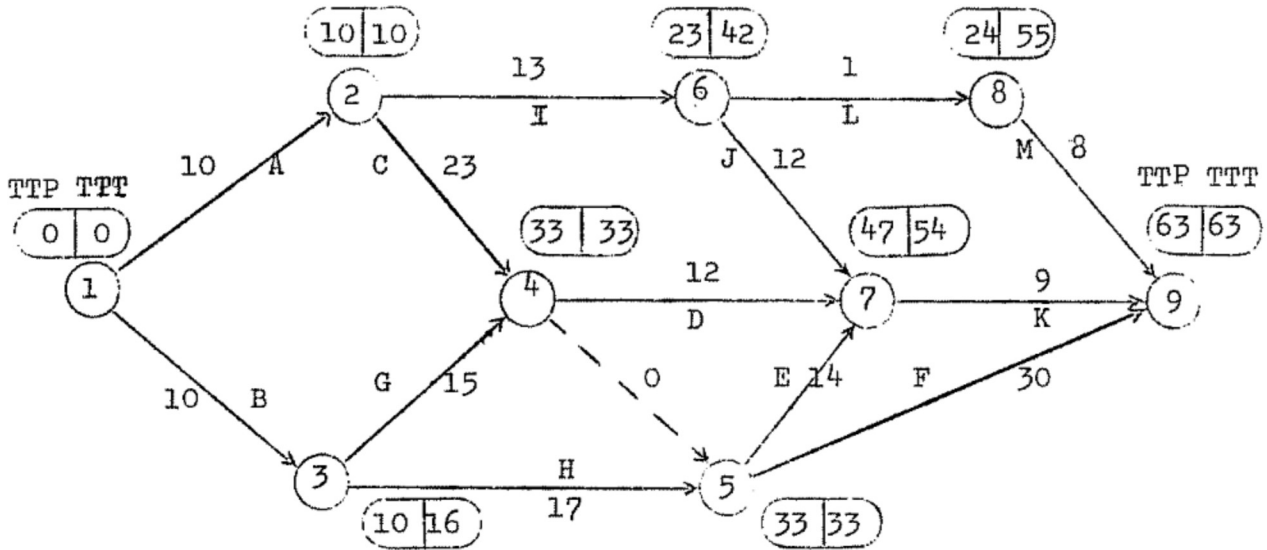


Fig. 1. Ejemplo de cálculo de camino crítico.

3.4.1. Cálculo del tiempo de terminación más próxima (TTP)

Hasta ahora se han expuesto los siguientes pasos: 1) se ha trazado el diagrama de flechas y se han enumerado todos los eventos; y 2) se han elaborado los datos de tiempos para cada actividad.

Los números que se encuentran en medio de la flecha entre cada evento son los tiempos normales de cada actividad; a esto se le llama duración de una actividad. Una liga o actividad ficticia, como es la actividad 4-5, siempre tiene una duración cero; sin embargo, estas relaciones son necesarias incluir para mantener la lógica del diagrama de flechas.

Siguiendo los eventos en orden numérico desde el principio, una simple adición de la duración de la actividad correspondiente nos dará el tiempo más próximo para el siguiente evento. Este TTP para cada actividad se registra en el lado izquierdo del "óvalo" adyacente al círculo que representa a ese evento (TTP/). Cuando haya dos o más caminos que convergen en el mismo evento, se debe escoger el TTP mayor para registrarlo en el único óvalo que tiene cada evento.

Por ejemplo:

Evento (1) más la duración de la actividad resulta con un TTP del (10/) para el evento (2).

En forma de ecuación:

$$TTP_1 + t_{1-2} = TTP_2$$

$$(0/) + 10 = (10/)$$

Después de seguir en esta forma a través de la red, se obtiene el tiempo de terminación más próxima de la última actividad en el último evento; esta es la terminación más próxima del proyecto. Es decir, es la suma de las duraciones de las actividades a través de la recta que conduce a la duración más larga del proyecto del principio a fin e incluye todas las demás actividades en su debido orden.

3.4.2. Cálculo del tiempo de terminación más tardía (TTT)

El siguiente paso es ir hacia atrás, partiendo desde el último evento restando la duración de cada actividad para encontrar el tiempo de terminación más tardía (TTT) permisible para cada actividad. El tiempo de terminación más tardío está controlado por las actividades

que salen del evento en cuestión; cuando haya dos o más caminos que emanan de un evento, se debe escoger el TTT menor para registrarlo en el único "óvalo" ya puesto al lado adyacente del evento.

El tiempo se anota en el lado derecho del "óvalo" (/TTT). La diferencia entre estos dos números que se han calculado y registrado en el "óvalo" nos dá el margen de retraso permisible y se llama tiempo flotante u holgura.

Por ejemplo:

Evento final (9) menos la duración de la actividad F resulta con un TTT de (/33) para el evento (5).

En forma de ecuación:

$$\begin{aligned} TTT_9 - T_{5-9} &= TTT_5 \\ (/63 - 30 &= (/33) \end{aligned}$$

3.4.3. Rutas Críticas

Una vez calculado el TTP y TTT para cada actividad, se pueden de terminar la ruta o rutas críticas, a través del diagrama. Una actividad cae dentro del camino crítico si su TTP y TTT son idénticos. En el ejemplo se nota los eventos 1, 2, 4, 5, 9 con sus respectivos óvalos, son los nudos críticos.

La ruta que une estas actividades críticas es, por lo tanto la ruta crítica de la red, bajo las condiciones para las que fue planificada. Las actividades críticas no tienen tiempo flotante. Cualquier cambio en la duración de las actividades críticas, (en el ejemplo son 1-2, 2-4, 4-5, 5-9) directamente afectaría la duración del proyecto.

En el ejemplo descrito anteriormente se traza con una línea gruesa recta el camino crítico.

3.5. Descripción de las variables a medir

3.5.1. Duración de la actividad

Comprende el tiempo expresado en días normales de trabajo por actividad. Estos tiempos fueron estimados mediante observaciones directas y entrevistas, tanto con los capataces como con el técnico encargado, de las labores específicas bajo condiciones de producción normal.

3.5.2. Costos directos

Son de dos tipos: a) mano de obra; b) de los materiales utilizados directamente en cada producción de plantas. La suma de estos tipos de costos da el total del costo directo de la actividad.

3.5.2.1. Mano de obra

Está integrada por las actividades donde se ocupan obreros tales como: preparación del suelo, siembra de las semillas, germinación, llenado de envases o preparación de camas, irrigación, protección, deshierbe, fertilización, preparación para el transporte de las plántulas y administración. Los jornales pagados fueron los que actualmente se encuentran en cada vivero. Se cuantificó el número de hombres por actividad.

3.5.2.2. Materiales

Comprende de los suministros necesarios como: envases, semillas, productos químicos, fertilizantes orgánicos, facturas. Los costos

unitarios pagados fueron los que actualmente se encuentran en cada evento, con los costos comunes distribuidos sobre las unidades producidas.

3.5.3. Costos indirectos

Estos comprenden la inversión y el mantenimiento en general del vivero como son: su infraestructura, caminos dentro del vivero, costos de los implementos y equipos, electricidad. Estos costos por su naturaleza caen en la clasificación de los llamados costos fijos, y no se tomarán en cuenta en la programación a base del sistema PERT/CPM del estudio.

3.6. Recolección de la información

Los datos de campo se obtuvieron mediante observaciones directas y entrevistas a los jefes encargados, en el período comprendido desde agosto 1972 a enero de 1973. Se presentó el inconveniente en algunas actividades debido a la falta de datos tanto sobre costos directos como cantidad de mano de obra. Este inconveniente fue superado a base de similitudes de actividades en otros viveros donde se disponía de estos datos. Además los datos fueron verificados de acuerdo con los requisitos de tiempos u hombres para alcanzar el fin de dicha actividad.

3.7. Análisis de la programación

La programación es el acto de trasladar el plan de trabajo descrito en la planificación a un cuadro de tiempos (1). El método PERT/CPM exige la debida separación de estas dos partes del manejo

para mayor eficiencia del plan. Cada tiempo de todas y cada una de las actividades que intervienen en PERT/CPM está sujeto a cambios en la realidad, ya sea por la influencia de factores climáticos, biológicos y administrativos intrínsecos del vivero. Es precisamente sobre esto que el administrador puede vigilar a través del sistema de PERT/CPM y analizar sus futuros efectos.

3.7.1. Análisis de la ruta crítica

Una vez determinada la ruta o las rutas críticas del proyecto, deben analizarse los siguientes factores:

Omisiones y demora de actividades críticas: La omisión de una actividad crítica podría cambiar por completo tanto la ruta crítica como la distribución de las actividades. En la planificación este es el primer punto de la verificación; en la vigilancia, es precisamente donde se debe poner mayor atención. Cualquier demora en una actividad crítica trae como consecuencia un alargamiento en el tiempo del proyecto.

Actividades simultáneas. Al ser la secuencia de actividades críticas el camino más largo con respecto al tiempo dentro de un proyecto, esto nos permite realizar actividades simultáneas a las críticas sin alargar el proyecto pero minimizando tiempo y tal vez mano de obra o costos. El análisis de la planificación PERT/CPM trata de formar un sistema de trabajo con más actividades simultáneas y así reducir el tiempo que dura el proyecto.

3.7.2. Actividades no críticas

Ya cuando se tiene con exactitud la ruta o rutas críticas del proyecto, se pueden colocar las actividades no críticas dentro del gráfico de manera tal que se utilice la holgura disponible. Esta simplifica la administración del proyecto con la obtención de menos confusión en una parte donde se disminuya el número de hombres en un determinado día, mediante una rotación de actividades no críticas dentro de su holgura. Además le permite que se proporcionen los costos a diferentes períodos para evitar una demanda excesiva sobre las finanzas en un determinado período, cuando se encuentra holgura disponible en las actividades correspondientes.

3.7.3. Condiciones locales que pueden alterar el proyecto

Se analizarán las especies seleccionadas, factores climáticos, variaciones en jornales, disponibilidad de mano de obra y finalidad o meta asignada al vivero para aplicar efectivamente el patrón. Tales variaciones fueron anotadas durante las observaciones en el campo, tanto en las pruebas del patrón. A través de la sistemática del PERT, se examinó cada actividad para evaluar su sensibilidad o importancia relativa frente a estas condiciones locales.

4. RESULTADOS

4.1. Planificación del patrón general

La Figura 2 presenta el diagrama de flechas, o red de actividades orientadas, para un vivero forestal, que se ha encontrado aplicable en Costa Rica. Este patrón general tiene 30 actividades y comprende dos aspectos: a) biológico y b) administrativo. Los aspectos están interrelacionados muy estrechamente dentro del vivero y a continuación se presenta una descripción detallada de cada una de las actividades.

4.2. Descripción de las actividades que integran el patrón general y funciones que abarcan

Actividad 1-2 (revisión general). Comprende el establecimiento de metas y objetivos, cantidad de plantas a producir por especies, política a seguir por el organismo director del vivero. Esta actividad se realiza en las oficinas centrales y el encargado de llevarla a cabo es el jefe o los jefes del organismo que depende el vivero.

Actividad 1-3 (solicitud de particulares). Comprende la consideración de todos aquellos pedidos hechos por instituciones, empresas o individuos de determinada cantidad de plantas para los respectivos ciclos futuros. Cae dentro del ciclo administrativo; se realiza tanto en las oficinas del vivero como en las centrales.

Actividad 1-6 (preparación de suelo para germinadores). Es la primera actividad del ciclo biológico. Comprende el acarreo de tierra y arena, aplicación del fertilizante, fumigación del suelo y mezcla

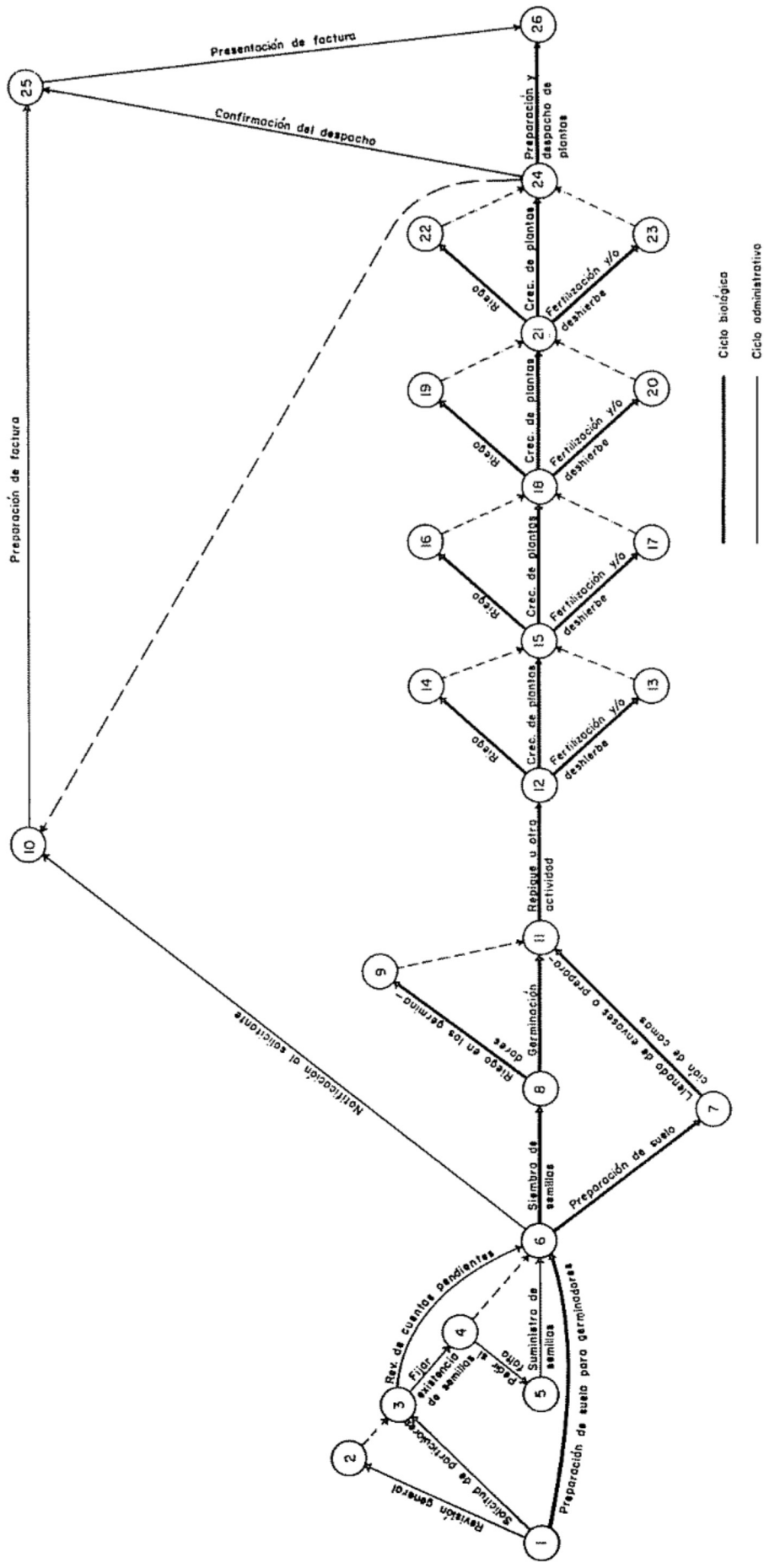


Fig. 2. Diagrama de flechas o red de actividades orientadas para viveros forestales. Patrón general de planificación.

del mismo. Se realiza en el vivero; el capataz es el encargado de esta actividad, realizada por obreros del vivero. Es una actividad normalmente crítica, y su rango con respecto a duración está influido por la cantidad de plantas que se va a producir y el número de obreros disponibles para esta actividad.

Actividad 3-4 (fijar existencia de semilla). Consiste en cuantificar la cantidad de semillas por especie que se dispone en reserva para saber con exactitud del material con que se cuenta para el ciclo administrativo. Esta función puede ser llevada a cabo tanto por el técnico encargado del vivero, como por el capataz.

Actividad 3-6 (revisión de cuentas pendientes). Abarca una revisión de trabajos pendientes, o de cuentas que no han sido pagadas a la fecha prevista, o pedidos que no han sido entregados. Es parte del ciclo administrativo, generalmente es llevada a cabo por el administrador en las oficinas centrales en colaboración con el vivero.

Actividad 5-6 (suministro de semillas). Comprende la recolección de semillas; si son nacionales, es llevada a cabo por el capataz, o técnico, y obreros. Si las semillas son importadas, se realiza un pedido a los países de origen o bancos de semillas. Esta función la realiza el técnico bajo la aprobación del encargado jefe y de acuerdo con las revisiones generales que se han hecho.

Actividad 4-5 (pedido de la semilla). Esta actividad vendría a ser un apéndice de la actividad 5-6, es parte del ciclo administrativo, es llevada a cabo en la oficina bajo la supervisión del técnico siempre y cuando haya necesidad.

Actividad 6-7 (preparación de suelo). Esta actividad del ciclo biológico puede ser: a) preparación de suelo para envases; b) preparación de platabandas o canteros. Consiste en el suministro de tierra, materia orgánica, fertilizantes y productos químicos para esterilización del suelo (Bromuro de Metilo). Es realizada por los obreros bajo la supervisión del capataz. Es parte del camino crítico y su rango de tiempo está influenciado por la disponibilidad del material a utilizar y la cantidad de mano de obra con que se cuenta. Se encontró que el rango en los viveros en estudio oscilaba entre 3-8 días.

Actividad 6-8 (siembra de semillas). Consiste en el esparcimiento de las semillas en las camas germinadoras o en el campo. Es realizada por los obreros. Forma parte del ciclo biológico.

Actividad 6-10 (notificación al solicitante). Comprende una constante comunicación por parte de la oficina a la que pertenece el vivero o los viveros con el interesado; de esa forma se mantiene informado al individuo de como marcha la producción. Esta actividad la realiza el secretario o auxiliar previo aviso del técnico. Se lleva a cabo normalmente por teléfono o por cartas.

Actividad 7-11 (llenado de envases o preparación de camas). En aquellos viveros donde sólo se utilizan bolsas o envases esta actividad sólo consiste en llenar estos envases con el suelo ya preparado. Hay viveros en los cuales se realizan plantaciones a raíz desnuda y esta actividad se transforma en la preparación de camas o platabandas. Si la siembra de semilla es directa (actividad 6-8) está entendido que esta actividad se suprime. Es llevada a cabo por obreros, y es parte del ciclo biológico.

Actividad 8-9 (riego en los germinadores). Comprende la distribución de agua uniforme y en el momento adecuado según criterios de técnico. Es una operación mecánica que se realiza en diversos sistemas de germinación. La supervisa cualquier obrero y es parte del ciclo biológico.

Actividad 8-11 (germinación). Esta actividad se realiza sin la intervención del hombre. Su tiempo varía por especie, condiciones climáticas y ambiente artificial (si hay). Es parte importante del ciclo biológico. Es responsabilidad tanto del capataz como del técnico. Puede llegar a convertirse en una actividad crítica, cuando los límites de tiempos están influenciados por condiciones ecológicas adversas para la propagación de determinada especie. Por el ejemplo, en el vivero Orosi y para la especie Pinus caribaea var hondurensis, el período de germinación oscila entre 18-22 días; pero esto no afecta la planificación del camino crítico debido a que la actividad preparación del suelo (6-7) normalmente ocupa más de los 22 días máximos para la especie; este se lleva a cabo simultáneamente; puede verse en el diagrama de flechas o red de actividades orientadas.

Actividad 10-25 (preparación de la factura). Es parte del ciclo administrativo y comprende principalmente de trámites contables. Existen viveros que no realizan contabilidad, principalmente aquellos que se integran en instituciones autónomas o los que no tienen un objetivo comercial. Esta actividad la realiza el contabilista o encargado de oficina del vivero.

Actividad 11-12 (repique u otra operación). Comprende el paso de las plantitas desde las camas de germinación a los envases, o a las

camas. Es parte del ciclo biológico y es realizada por obreros. Antes de realizar el repique debe hacerse una selección fenotípica del material producido para que sólo se repiquen aquellas plantitas que presentan buenas condiciones (lo cual implica una disminución entre las plantas germinadas y las utilizadas). Si se ha hecho siembra directa se puede considerar esta actividad como la selección fenotípica de material entresacando lo malo.

Tanto el técnico como el capataz son responsables de esta actividad que lleven a cabo los obreros.

Actividad 12-13 (fertilización y/o deshierbe). Se pueden realizar indistintamente tanto una como la otra dependiendo del criterio del técnico o la práctica común del vivero. Es parte del ciclo biológico y se realiza a menudo con el riego en el período de crecimiento de las plantas. La realizan los obreros bajo supervisión del capataz o técnico. La actividad es la misma para las actividades 15-17, 18-20, 21-23 (existe además una estrecha vigilancia fitosanitaria entendido en esa actividad).

Actividad 12-15, 15-18, 18-21, 21-24 (crecimiento de las plantas). Es el crecimiento en sí de las plantas, es un proceso biológico. Sólo se le protege previniendo cualquier aparición de plaga o enfermedad. Esta etapa de crecimiento depende de la especie así como su permanencia en el vivero. Dentro del patrón se subdividió en varios períodos para conveniencia de la administración de los trabajos auxiliares de riego y deshierbe.

Son actividades críticas y parte vital del proceso biológico. Estas actividades están afectadas básicamente por factores ecológicos,

climáticos, fitosanitarios y administrativos. Los límites de tiempo encontrados en los viveros en estudio pueden observarse en el Cuadro 7.

Actividades 12-14, 15-16, 18-19, 21-22 (riego). Estas actividades varían mucho de un vivero a otro ya sea por condiciones económicas, necesidad de riego o equipo de riego utilizado. Sin embargo, se presenta la planificación de la misma forma que la fertilización y deshierbe, y la controla el capataz.

Actividad 24-25 (confirmación del despacho). Es parte del ciclo administrativo. Esta actividad le confirma al cliente o interesado que sus plantas están listas para determinada fecha, o cualquier inconveniente presentado en el crecimiento de las plantas. Es parte del ciclo administrativo y puede ser llevada a cabo por el encargado de oficina previa comunicación del capataz o técnico.

Actividad 24-26 (preparación y despacho de plantas). Comprende la selección y conteo del material producido, como también verificación del pedido. Su preparación es realizada por obreros y el despacho por el capataz. Es parte del ciclo administrativo. Esta actividad es crítica y su rango varía debido a factores como: a) cantidad producida; b) disponibilidad de mano de obra.

Actividad 25-26 (presentación de factura). Comprende la entrega de factura por parte del interesado al encargado del vivero para llevarse las plantas. Es parte del ciclo administrativo. Sirve de control tanto al viverista como a la empresa. Se hace simultáneamente la entrega y notificación a la oficina del vivero.

4.3. Diferencias y criterios de los encargados jefes de los viveros en estudio del patrón general de planificación

Una vez entrevistados cada uno de los administradores de los viveros para explicarles la significancia del patrón general, se tomó nota de las diferencias que ellos anotaron a base de sus experiencias. Cada observación se juzgó con relación al sistema PERT/CPM que permite actividades con cierto tiempo de duración. A continuación se encuentran los puntos sobresalientes de esta prueba por entrevista.

4.3.1. Vivero Diversificación Agrícola

Siguiendo una secuencia de actividades dentro del gráfico patrón (Figura 2) considera que la actividad 1-6 (preparación de suelo para los germinadores) no pertenece al ciclo biológico del patrón general y que debe de realizarse muy próxima a la actividad 6-8 (siembra de semillas). Sin embargo se concluyó para fines de este estudio que esta actividad pertenece al ciclo biológico por intervenir en ella materiales como a) tierra y b) materia orgánica.

La actividad 6-10 (notificación al solicitante) nos indica que debe de estar compuesta por una serie de llamadas o avisos al interesado a diferentes intervalos de tiempos para así evitar confusión o tardanza tanto en los pagos como en posibles problemas en la producción del material biológico. Se estuvo de acuerdo con el entrevistado que la actividad notificación al solicitante está compuesta por una serie de llamadas o avisos.

Después de la actividad 11-12 (repique) considera que debe de

realizarse una actividad nueva en esa etapa del gráfico que es el deshierbe, en lo que se coincide con el entrevistado.

En el lapso del gráfico que abarca todos los eventos desde la 12 hasta la 23 considera que debe resumirse en una actividad como la 12-14 y partiendo desde el mismo inicio o sea desde 12 las actividades riego, fertilización y deshierbe (actividades simultáneas). No se coincidió con el entrevistado en esta actividad debido a que esas subdivisiones facilitan el entendimiento del patrón general.

Considera que las actividades fertilización, deshierbe y riego tanto su secuencia como momento de ejecución están supeditados al régimen peculiar de cada vivero, en lo cual se está de acuerdo con el entrevistado ya que el patrón general se acomoda a esa situación.

Concluye que el gráfico podría funcionar perfectamente en viveros con grandes producciones de plantas. El sistema de red, o actividades orientadas, para vivero forestal es muy complejo para ser llevado a cabo por un encargado del vivero y que hasta ahora este sistema no se ha introducido al campo biológico en el sector forestal. Se difirió de la opinión del entrevistado y puede demostrarse tanto en discusión como en conclusiones.

4.3.2. Vivero El Alto

Dentro de la actividad 1-2 (revisión general) debe incluirse la actividad 3-5 (fijación de existencia de semillas) ya que considera que ellos no se pueden plantear objetivos ni metas sin un previo inventario de la existencia de insumos para la producción, debido a la variación en sus presupuestos. No se coincidió con el entrevistado

ya que el patrón general está planificado y programado para un indeterminado lapso de tiempo y la actividad revisión general contempla ese problema.

Dentro de la actividad crecimiento de plantas debe contemplarse una selección de orden fenotípico del material biológico producido, esta acarrea un incremento de mano de obra debido a la continua movilización de las plantas seleccionadas. En este criterio se coincidió con el entrevistado como se ve en la descripción de esta actividad utilizada en este estudio.

El ciclo administrativo hasta la germinación de las plantas (1-2, 1-3, 3-4, 3-6, 4-5) en el vivero El Alto se divide en dos sub-ciclos, a) el primero lo lleva a cabo el encargado del vivero y consiste en facilitar datos sobre por ciento de mortalidad, germinación, etc., b) el segundo se lleva dentro de las oficinas de la Dirección General Forestal, que consiste en el análisis de estos datos. Esta situación es intrínseca de este vivero.

La actividad 6-10 (notificación al solicitante) requiere previas visitas al lugar definitivo de plantación por parte del técnico para su adecuada recomendación de especies y selección de áreas. Este criterio no está incluido en este trabajo por considerar esta actividad ajena a las normales del vivero, es decir se llevan a cabo tales trabajos fuera del vivero.

En la actividad 11-12 (repique u otra actividad) ellos han obtenido incrementos en la producción utilizando diferentes individuos en el trabajo de la siembra o repique y en el llenado de bolsas o preparación de camas. Se concuerda con el entrevistado pero este estudio no contempla ese punto.

Después de la actividad 24-26 (preparación y despacho de las plantas) debe agregarse otra actividad como sería la asistencia técnica por parte de la Dirección General Forestal a las plantaciones establecidas, porque es parte de las funciones de la institución. Se está de acuerdo con el entrevistado pero este punto cae fuera del vivero y más bien esto sería asistencia técnica por parte de esa institución.

4.3.3. Vivero IICA-CTEI

Dentro de la actividad 1-2 (revisión general) debe incluirse la actividad 3-4 (fijar existencia de semillas) y 5-6 (suministro de la semilla) lo que considera lógico debido a que sólo se plantean objetivos de investigación y se fijan metas con un previo conocimiento del material con que se cuenta. No se coincidió con el entrevistado ya que el patrón general está planificado y programado para un indeterminado lapso de tiempo, y la actividad revisión general contempla ese problema y su debida solución.

La actividad 4-5 (pedido de la semilla). Para las semillas importadas y en programas con grandes escalas de producción, debe realizarse por lo menos uno o dos años antes de que comience el ciclo productivo, y cuando las especies pueden mantener su viabilidad. Para las semillas nativas se requiere una constante observación de los árboles semilleros para su oportuna recolección. En este punto se coincide con el entrevistado.

En la actividad 11-12 (repique u otra actividad) considera que el administrador debe calcular la eficiencia de germinación, relacio-

nando la cantidad de semillas sembradas y la cantidad de plantas obtenidas. Esta consideración juega un rol importante en la evaluación de semilla requerida para obtener una producción final de un determinado número de plantas.

4.3.4. Vivero Orosi

Considera que el sistema de flechas, o red de actividades es muy complejo para ser llevado a cabo en viveros donde no se cuente con un personal capacitado para su interpretación y ejecución. Se coincide con el entrevistado en cuanto a un conocimiento previo del sistema antes de llevarse a cabo.

4.4. Cálculo de la programación normal

El Cuadro 3 nos muestra la programación a bases de la planificación general de la Figura 2, anteriormente discutido en el proyecto de producir plantas por PERT/CPM en un vivero y una especie. Los tiempos utilizados son reales por actividad. Este cuadro es la programación en sí de la Figura 3, Diagrama de flechas o red de actividades orientadas para el vivero Diversificación Agrícola, especie Pinus caribaea var. hondurensis.

El Cuadro 3 indica que hay nueve actividades críticas en la programación normal de la producción de plantas en un vivero. Se nota que una actividad se considere crítica cuando el TTP es igual al TTT, es decir no hay tiempo flotante (TFT) entre la terminación de la actividad y la debida iniciación de la siguiente. Estas actividades

son las más importantes a considerar en la duración total de la producción de plantas. La duración total de un proyecto se lee en la última actividad crítica. Entonces el tiempo total del proyecto en el Cuadro 3 será 120 días.

Cuadro 3. Cálculo de la programación normal de actividades en el vivero Diversificación Agrícola para la especie Pinus caribaea var. hondurensis⁺.

| Actividad Fecha* | Duración | TTP ^{1/} | TTT ^{2/} | TFT ^{3/} | AC ^{4/} | Nº de Hombres |
|---------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| D í a s | | | | | | |
| 1 - 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | - | 1 |
| 1 - 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | - | 1 |
| 1 - 6 | 5 | 5 | 5 | 0 | crítica | 1 |
| 2 - 3 | 0 | - | - | - | - | - |
| 3 - 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | - | 1 |
| 3 - 6 | 1 | 2 | 5 | 3 | - | 1 |
| 4 - 5 | 1 | 3 | 4 | 1 | - | 1 |
| 4 - 6 | 0 | - | - | - | - | - |
| 5 - 6 | 1 | 4 | 5 | 1 | - | 1 |
| 6 - 7 | 5 | 10 | 10 | 0 | crítica | 2 |
| 6 - 8 | 1 | 6 | 16 | 10 | - | 1 |
| 6 - 10 | 1 | 6 | 117 | 111 | - | 1 |
| 7 - 11 | 12 | 22 | 22 | 0 | crítica | 2 |
| 8 - 9 | 1 | 7 | 22 | 15 | - | 1 |
| 8 - 11 | 6 | 12 | 22 | 10 | - | - |
| 9 - 11 | 0 | - | - | - | - | - |
| 10 - 25 | 1 | 118 | 119 | 1 | - | 1 |
| 11 - 12 | 5 | 27 | 27 | 0 | crítica | 5 |
| 12 - 13 | 1 | 28 | 42 | 14 | - | 1 |
| 12 - 14 | 1 | 28 | 42 | 14 | - | 1 |
| 12 - 15 | 15 | 42 | 42 | 0 | crítica | 1 |
| 13 - 15 | 0 | - | - | - | - | - |
| 14 - 15 | 0 | - | - | - | - | - |
| 15 - 16 | 1 | 43 | 72 | 29 | - | 1 |
| 15 - 17 | 1 | 43 | 72 | 29 | - | 1 |
| 15 - 18 | 30 | 72 | 72 | 0 | crítica | - |
| 16 - 18 | 0 | - | - | - | - | - |

(a continuación)

Cont. Cuadro 3.

| Actividad Fecha* | Duración | TTP ^{1/} | TTT ^{2/} | TFT ^{3/} | AC ^{4/} | Nº de Hombres |
|---------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | D í a s | | | | |
| 17 - 18 | 0 | - | - | - | - | - |
| 18 - 19 | 1 | 73 | 102 | 29 | - | 1 |
| 18 - 20 | 1 | 73 | 102 | 29 | - | 1 |
| 18 - 21 | 30 | 102 | 102 | 0 | crítica | - |
| 19 - 21 | 0 | - | - | - | - | - |
| 20 - 21 | 0 | - | - | - | - | - |
| 21 - 22 | 1 | 103 | 117 | 14 | - | 1 |
| 21 - 23 | 1 | 103 | 117 | 14 | - | 1 |
| 21 - 24 | 15 | 117 | 117 | 0 | crítica | - |
| 22 - 24 | 0 | - | - | - | - | - |
| 23 - 24 | 0 | - | - | - | - | - |
| 24 - 10 | 0 | - | - | - | - | - |
| 24 - 25 | 1 | 118 | 119 | 1 | - | 1 |
| 24 - 26 | 3 | 120 | 120 | 0 | crítica | 3 |
| 25 - 26 | 1 | 119 | 120 | 1 | - | 1 |

+ Este vivero tiene una producción total en un ciclo de 6 meses de 50.000 plantas de Pinus caribaea.

1/ Tiempo de terminación más próxima de la actividad desde el inicio del ciclo.

2/ Tiempo de terminación más tardía de la actividad desde el inicio del ciclo.

3/ Tiempo flotante total por actividad.

4/ Actividad crítica

* Véase Figura 2 del Diagrama de flechas, o red de actividades bien orientadas, y el texto para una descripción de cada actividad numerada.

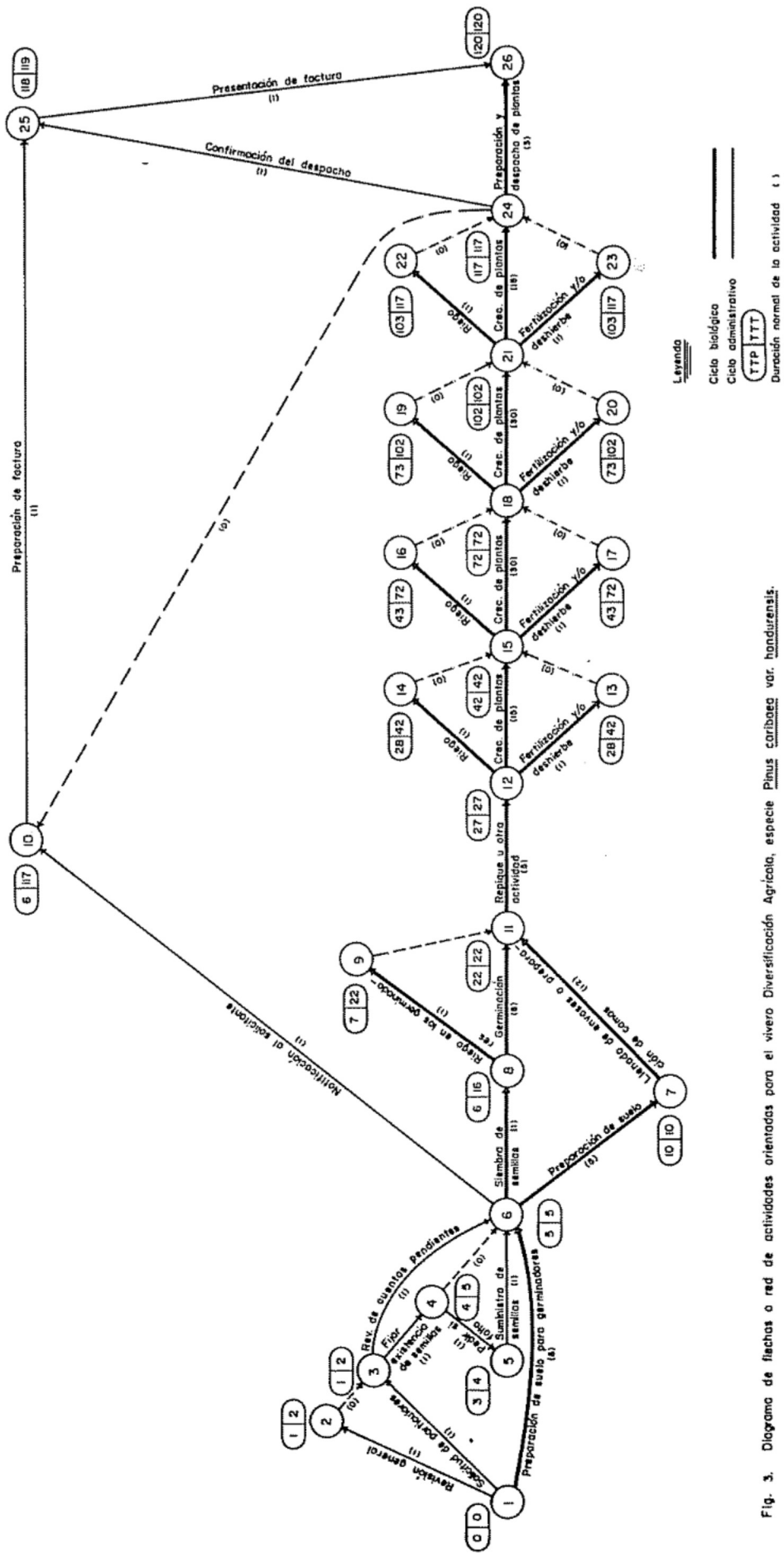


Fig. 3. Diagrama de flechas o red de actividades orientadas para el vivero Diversificación Agrícola, especie Pinus caribaea var. hondurensis.

4.5. Resumen de las pérdidas de plantas por actividad y por especie en los viveros en estudio

En los Cuadros 4, 5 y 6 se muestran los porcentajes de pérdidas estimadas, así como también la característica de estas pérdidas por actividad. Se escogieron estas especies por ser las que en mayor cantidad se producen en los viveros en estudio.

Se observa que los porcentajes son bastante uniformes por especies a pesar de provenir de diferentes viveros. En el Cuadro 4 puede observarse un alto porcentaje de pérdidas para Pinus caribaea con respecto a los otros viveros presentados en los Cuadros 5 y 6 en la actividad 24-26 (preparación y despacho de plantas). Esta pérdida anotada es debida al exceso de tiempo que las plantas permanecen en el vivero después de estar listas para su despacho.

4.6. Variaciones debidas a la selección de especies

El Cuadro 7 nos muestra la distribución de tiempos normales de duración para las dos actividades más afectadas por la selección de especies, es decir germinación y crecimiento de plantas. Cada uno de los viveros en estudio se presenta para la comparación entre diferentes especies.

Puede notarse en este cuadro primeramente las diferencias en cuanto a la actividad germinación entre los viveros IICA-CTEI, Diversificación Agrícola con respecto a los viveros Orosi y El Alto y para la especie Pinus caribaea. Aquí podría afirmarse que el factor adverso es la altitud, ya que se utilizan las mismas semillas y tratamientos

Cuadro 4. Resumen de las pérdidas reportadas de plantas por actividad y por especie en el vivero Orosi*.

| Actividad (Descripción y Número) | Características de las pérdidas | Porcentaje de las pérdidas** | |
|---|--|------------------------------|---------------|
| | | P. caribaea | C. lusitanica |
| Germinación (8-11) | Falta de poder germinativo de la semilla | 50 | 60 |
| Repique (11-12) | Selección de material producido y ataque de insectos | 8 | 2 |
| Preparación y despacho de plantas (24-26) | Selección del material ataque de aves e insectos | 8 | 3 |

* Este vivero pertenece al Instituto Costarricense de Electricidad. Su producción total alcanza en 6 meses unas 62.500 plantas. Los envases utilizados son de papel asfaltado.

** Todos estos porcentajes se disminuyen de la cantidad total de plantas.

Cuadro 5. Resumen de las pérdidas reportadas de plantas por actividad y por especies en el vivero de El Alto*.

| Actividad (Descripción y Número) | Características de las pérdidas | Porcentaje de las pérdidas** | | |
|---|--|------------------------------|--------------------|----------------------|
| | | <u>E. Globulus</u> | <u>P. caribaea</u> | <u>C. lusitanica</u> |
| Germinación (8-11) | Falta de poder germinativo de la semilla | 25 | 50 | 63 |
| Repique (11-12) | Selección del material producido y ataque de insectos y enfermedades | 12 | 6 | 1 |
| Preparación y despacho de plantas (24-26) | Selección del material producido, ataque de aves e insectos | 17 | 4 | 1 |

* Este vivero pertenece a la Dirección General Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Su producción total alcanza 100.000 plantas en un ciclo de 6 meses. Los envases utilizados son bolsas plásticas.

** Todos los porcentajes de pérdidas se disminuyen de la cantidad total de plantas.

Cuadro 6. Resumen de las pérdidas reportadas de plantas por actividad y por especies en el vivero Diversificación Agrícola*.

| Actividad (Descripción y Número) | Características de las pérdidas | Porcentaje de las pérdidas** | | |
|---|--|------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| | | <u>E. deglupta</u> | <u>P. caribaea</u> | <u>Juglans sp. C. lusitanica</u> |
| Germinación (8-11) | Falta de poder germinativo de la semilla | 20 | 50 | 40 |
| Repique (11-12) | Selección del material producido y ataque de insectos y enfermedades | 15 | 6 | 1 |
| Preparación y despacho de plantas (24-26) | Reducción por selección, o ataque de aves e insectos | 15 | 2 | 10 |
| | | | | 63 |

* La producción por cada especie es de 50.000 plantas al despacho final con un total de 250.000 plantas en un ciclo de 6 meses. Estos datos de pérdidas se encontraron también en el vivero IICA-CTEI para las especies Pinus caribaea, Eucalyptus deglupta, Cupressus lusitanica. Su producción alcanza aproximadamente 50.000 plantas por año. En ambos viveros se utilizan envases metálicos reutilizables.

** Todos son porcentajes de pérdidas, disminución de la cantidad de plantas.

Cuadro 7. Distribución de tiempos en las actividades Germinación y Período de Crecimiento en los viveros en estudio para las especies Pinus caribaea, var. hondurensis, Eucalyptus deglupta, Eucalyptus glubulus, Cupressus lusitanica (el tiempo expresado en días).

| Viveros en estudio | Germinación | | | | Crecimiento de plantas | | | |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|----------------|----------------|------------------|
| | P. caribaea | E. deglupta | E. glubulus | C. lusitanica | P. caribaea | E. deglupta | E. glubulus | C. lusitanica |
| 1/ IICA | 4-8 | 4-6 | - | 15-18 | 90 | 45-70 | - | 120-150 |
| 2/ Orosi | 18-22 | - | - | 30-40 | 180 | - | - | 180 |
| 3/ El Alto | 10-12 | 4-8 | 4-8 | 22 | 105 | 95 | 95 | 120 |
| Divers. Agrícola | 4-8 | 2-4 | - | 15-18 | 90 | 60 | - | 120 |

1/ Su posición geográfica es 9°53' latitud Norte y 83°38' longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es 640 m.

2/ Su posición geográfica es 9°50' latitud Norte y 83°58' longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es 1600 m.

3/ Su posición geográfica es 9°51' latitud Norte y 83°57' longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es 1492 m.

4/ Su posición geográfica es 9°53' latitud Norte y 83°38' longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es 602 m.

de suelo en cada vivero. También en cuanto a germinación, el vivero Diversificación Agrícola utiliza para el Eucalyptus deglupta germinadores artificiales incrementando así la rapidez de la germinación de la semilla.

En cuanto a crecimiento de plantas, el Cuadro 7 indica que esta actividad varía también entre viveros y especies. Los factores que afectan esta actividad son principalmente a) ecológicas; b) climáticas; c) fitosanitarias y d) administrativas.

Por ejemplo, en el vivero Orosí se tienen problemas administrativos debido a una falta de planificación de su producción. Como consecuencia se encuentra un alargamiento de permanencia de las plantas en el vivero hasta doblar los tiempos encontrados en los otros viveros.

Existe mucha similitud entre los viveros IICA-CTEI y Diversificación Agrícola en cuanto a germinación y crecimiento debido a sus condiciones ecológicas similares y un rápido despacho por lo general. Sin embargo, pueden presentarse condiciones anormales que traerían como consecuencia un alargamiento de este período como sequías, problemas administrativos, que se toman en cuenta tanto en la planificación (conocimiento previo) como en el control de la ejecución (conocimiento posterior).

5. DISCUSION

5.1. Variaciones de costos por planta

El Cuadro 8 demuestra una comparación de actividades entre viveros de costos reales por planta. Este cuadro es un resumen de costos por viveros y por actividad y la manera de como se calculó puede verse en el Cuadro 1 del Apéndice.

La mayoría de las actividades del vivero tienen un impacto directamente detectable en el costo de la producción final. Puede notarse en el Cuadro 8 que la actividad que principalmente encarece los costos es la siembra de semilla debido al valor de la semilla de procedencia exótica ($\$0,03935 \div 0,11609 = 33,9\%$); esta característica es más o menos uniforme en todos los viveros en estudio. Con especies nativas, donde existen árboles semilleros de las especies por utilizar, esto implica menos costo de transporte para su entrega y consecuentemente el encarecimiento de costo no se presentará tan fuerte.

En la actividad llenado de envases, en lo que respecta al valor de los envases, se coincide con los resultados obtenidos por Ponce (31) para los envases de papel asfaltado; siendo éstos los más caros y con un solo uso. Este tipo de envases se utilizó solamente en el vivero Orosi. En los viveros Diversificación Agrícola, El Alto y del IICA-CTEI se utilizan envases metálicos reusables y sus costos son muy uniformes entre ellos. La actividad riego solo afecta el costo al vivero El Alto (véase Cuadro 8) debido a que presenta una acentuada sequía en el período de crecimiento de plantas. En lugares donde la sequía es tan fuerte es posible que el establecimiento de una

Cuadro 8. Comparación de actividades entre viveros de costos por planta para producción de Pinus caribaea var. hondurensis⁺.

(Todos los valores están expresados en colones. US\$1,00 = 28,57 colones. 1973).

| ACTIVIDAD (Nombre y Número) | Código de factores que influyen en el coste* | VIVEROS EN ESTUDIO | | | |
|---|--|--|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | | Diversificación Agrícola ^{1/} | El Alto ^{2/} | CTEI ^{3/} | Orosi ^{4/} |
| Revisión general (1-2) | 3 | 0,00057 | 0,00081 | 0,00069 ^{5/} | - |
| Solicitud de particulares (1-3) | 3 | 0,00010 | 0,00023 | - | 0,00037 |
| Preparación de suelo para germinadores (1-6) | 3,4 | 0,00035 | 0,00042 | 0,00038 ^{5/} | 0,00038 |
| Fijar existencia de semillas (3-4) | 1 | 0,00050 | 0,00094 | 0,00666 | 0,00182 |
| Revisión de cuentas pendientes (3-6) | 3 | 0,00030 | 0,00060 | - | 0,00096 |
| Siembra de la semilla (6-8) | 1,2,3 | 0,03935 | 0,02774 | 0,02935 | 0,02620 |
| Preparación de suelo (6-7) | 2,3,4 | 0,00533 | 0,00340 | 0,00234 | 0,00504 |
| Notificación al solicitante (6-10) | 3 | 0,00062 | 0,00062 ^{5/} | - | 0,00062 |
| Llenado de envases (7-11) | 2,3,4 | 0,05354 | 0,03531 | 0,05354 | 0,13704 |
| Riego (12-14, 15-16, 18-19, 21-22) | 2,4 | 0,00650 | 0,05310 | 0,00650 | - |
| Repique u otra actividad (11-12) | 1,2,3,4 | 0,00652 | 0,00639 | 0,00652 | 0,00667 |
| Deshierbe y/o fertilización (12-13, 15-17, 18-20, 21-23) | 2,3,4 | 0,00125 | 0,00639 | 0,00125 | 0,00325 |
| Preparación de factura (10-25) | 3 | 0,00031 | 0,00027 | - | - |
| Confirmación del despacho (24-25) | 3 | 0,00005 | - | - | - |
| Preparación y despacho de plantas (24-26) | 2,3,4 | 0,00080 | 0,00055 | 0,00080 | 0,00047 |
| Costo total por planta | | 00,11609 | 00,13677 | 00,10803 | 00,18282 |

Nota: Las actividades que no se lleven a cabo en cualquier vivero se marcarán con un guión.

* Los factores que influyen en los costos son 1 - especie 2 - equipo 3 - jornal 4 - materiales.

+ Cada vivero se considera su producción a plena capacidad y se están determinando costos a un ciclo de producción de seis meses.

1/ La producción de Pinus caribaea alcanza en este vivero aproximadamente 50.000,00 plantas. Los envases utilizados son de metal de dimensiones 14 cm de largo por 6,3 cm de ancho; en este vivero no se lleva a cabo fertilización foliar.

2/ La producción de Pinus caribaea alcanza en este vivero aproximadamente 10.000,00 plantas. Los envases utilizados son bolsas plásticas de dimensiones 20,52 cm de circunferencia, 17,64 cm de altura y 0,003 cm de grosor.

3/ La producción de Pinus caribaea alcanza en este vivero aproximadamente 10.000 plantas. Los envases utilizados son metálicos de dimensiones 14 cm de largo por 6,3 cm de ancho.

4/ La producción de Pinus caribaea alcanza en este vivero aproximadamente 15.000 plantas. Los envases utilizados son de papel asfaltado de dimensiones 0,4 mm de grosor, 20 cm de diámetro y 30 cm de altura.

5/ Los valores fueron estimados en base a promedios o comparaciones entre viveros por lo tanto no son datos observados.

plantación dependerá del riego, o se limitaría el establecimiento de plantaciones durante esa época del año. Si sucede esto, otros costos también aumentarían debido al reducido volumen de producción que se encuentra factible producir bajo tales condiciones climáticas.

Estas dos actividades representan aproximadamente el 60 por ciento de los costos directos por plantas (no se incluye el caso especial del vivero El Alto). Obviamente el administrador debe controlar muy bien estas actividades para efectuar una producción económica.

En cuanto a variaciones en costo por planta debido a producción de mayor o menor nivel, se puede notar (Cuadro 1 del Apéndice, actividades 1-2, 1-3, 3-4, 3-6, y 6-10) que hay cinco actividades que pueden estar afectadas por economía de escala o diferentes niveles de producción. Estas actividades representan el 1 por ciento del costo directo total por planta, Es decir, no habrá mayores variaciones en economía cuando se aumentará el nivel de producción en un vivero con el tipo de tecnología cubierta en este estudio.

5.2. Factores que influyen en el costo por actividad

En el Cuadro 8 puede notarse que se ha clasificado cada actividad de acuerdo con cuatro factores que influyen en el cálculo de sus costos. Estos son: 1) Especies; 2) Equipo; 3) Jornales y 4) Materiales.

Principalmente, en las actividades que intervienen los factores equipo y material, estos son las actividades más caras en costo por planta que las demás actividades. Este efecto de capital subraya la necesidad de una adecuada revisión general y debida planificación del vivero.

El factor especie, que se incluyó bajo resultados, juega un rol muy importante ya que con un conocimiento de pérdidas, tanto de semillas en la germinación como de plantitas en el repique y crecimiento de plantas, el administrador se forma un criterio de la relación entre semillas sembradas y plantas obtenidas (véase Cuadro 1 del Apéndice).

El factor jornal en los viveros en estudio no afectó los costos. Los límites de los jornales varió desde \$12,60 a \$12,80 por día. Existe suficiente disponibilidad de mano de obra, y por lo tanto no se considera problema el suministro de ella.

El nivel de capacitación del personal es similar entre los cuatro viveros en estudio. Cada vivero está integrado por un ingeniero encargado y un capataz; el número de auxiliares de oficina varió desde 1 a 5 personas, y el número de obreros varió por viveros desde 4 hasta 8 hombres. El número de obreros estuvo en función de los diferentes niveles de producción en los viveros en estudio.

5.3. Características o propiedades del patrón general y su análisis

Una revisión del patrón general demuestra que hay dos clases de actividades; las críticas y las no críticas. Las críticas se discuten en relación con la minimización de la duración del proyecto. Las no críticas pueden demostrar que ninguna de las actividades descritas como no críticas podrían afectar directamente el patrón si se alterara por alguna razón su duración. Nótese en el Cuadro 3 que cualquier actividad no crítica podría llegar a duplicar su duración y no varía el camino crítico.

5.3.1. Aprovechamiento de la holgura disponible

Existe en una parte de la programación una gran holgura en las actividades auxiliares o no críticas. Cualquier actividad no crítica que no se realice en su tiempo normal no afectaría la duración del proyecto programado en el patrón general si su demora no consumiera más de la holgura disponible para esa actividad. En el Cuadro 3 se notan las actividades con holgura (TFT). Existen 21 actividades de un total de 30 que sí disponen de holgura.

Todas las actividades no críticas están representadas en su tiempo de inicio más temprano posible (Figura 4), pero esto no limita la actividad y su programación en la ejecución actual. La misma puede llevarse a cabo en cualquier tiempo dentro de su camino de holgura. Por lo contrario cualquier tardanza o demora en la ruta crítica trae como consecuencia un alargamiento con respecto a la duración del proyecto.

5.3.2. Modificación de la presentación del patrón general

La Figura 2, Diagrama de Flechas o Red de Actividades Orientadas para Viveros Forestales, presentó dificultades de interpretación para los encargados jefes de los viveros, y por lo tanto, se realizó un Diagrama de Barras del programa (ver Figura 4). Este abarca una descripción detallada con las variables duración total del proyecto, costos directos/día/actividad, número de hombres/día/actividad, las que se colocaron en un plano horizontal calibrados a una escala de tiempos.

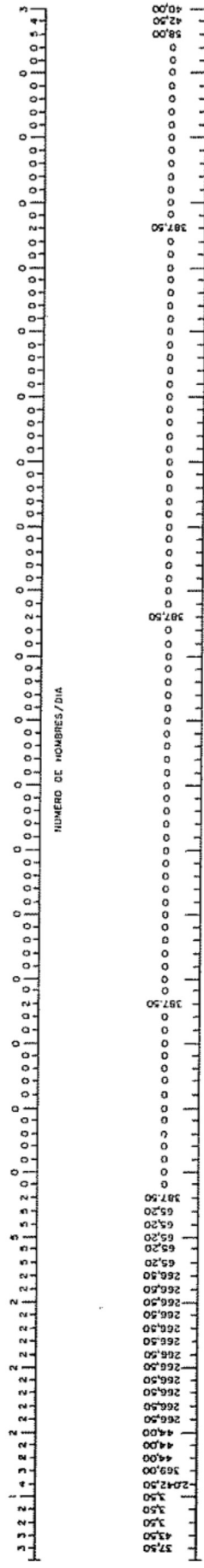
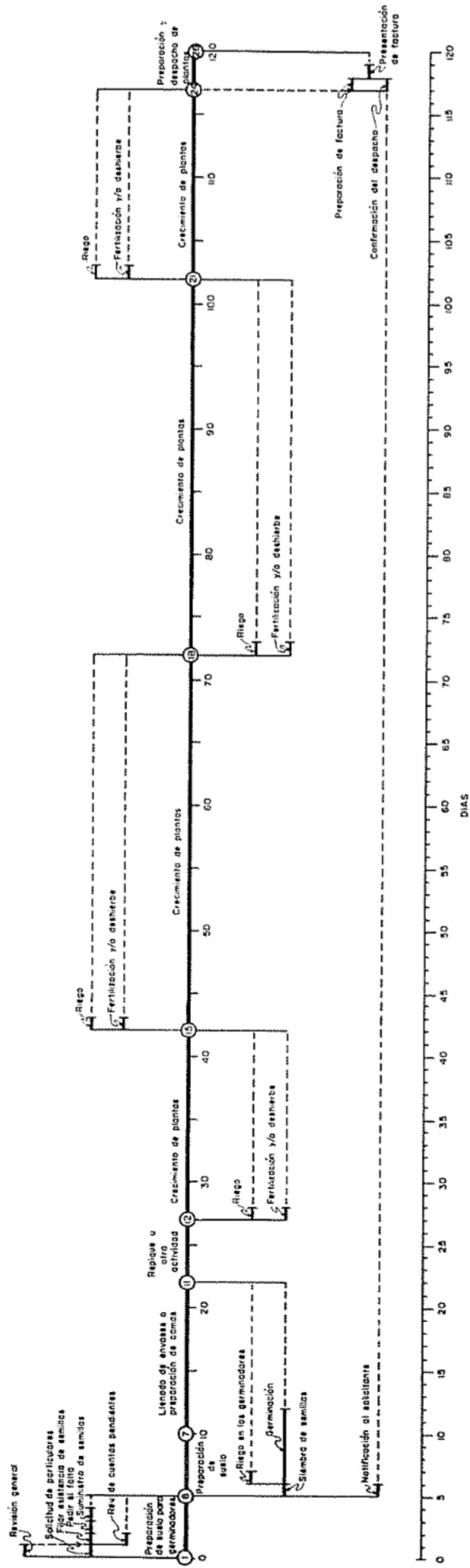


Fig. 4. Diagrama de barras de la ruta crítica del programa para el vivero Diversificación Agrícola, especie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Una inspección del Diagrama de Barras demuestra que las actividades críticas están colocadas en línea recta como centro del sistema; las actividades no críticas se realizan simultáneamente a las críticas, pero se vé la holgura disponible representada por líneas interrumpidas. En resumen, esta presentación permite el libre ajuste de las actividades críticas y no críticas bajo varios criterios, además de simplificar la lectura del PERT/CPM.

La aplicación de nivelación por actividad depende especialmente del fácil ajuste de actividades y puede hacerse con base en varios criterios: a) con referencia a mano de obra; por ejemplo en los días 10 hasta 22 (ver Figura 4) son los únicos días donde se puede aprovechar de la holgura disponible con la actividad germinación para nivelar mano de obra, ya que la misma mano de obra utilizada en llenado de envases o preparación de camas puede utilizarse en el repique o actividad sustituta al repique; y b) con referencia al costo directo: Este factor está muy relacionado con la nivelación de mano de obra o sea que un incremento de mano de obra en un día habrá un incremento de costos directos por día, y viceversa. Lo que se persigue, con esto es planificar el uso de mano de obra uniforme día a día, o de agrupar los costos más convenientemente período por período.

5.4. Una aplicación del sistema PERT/CPM al manejo práctico del vivero

La Figura 5 nos muestra una minimización de tiempo en las actividades críticas, o actividades que determinan la duración total del proyecto, a base de las limitaciones de mano de obra en cada vivero.

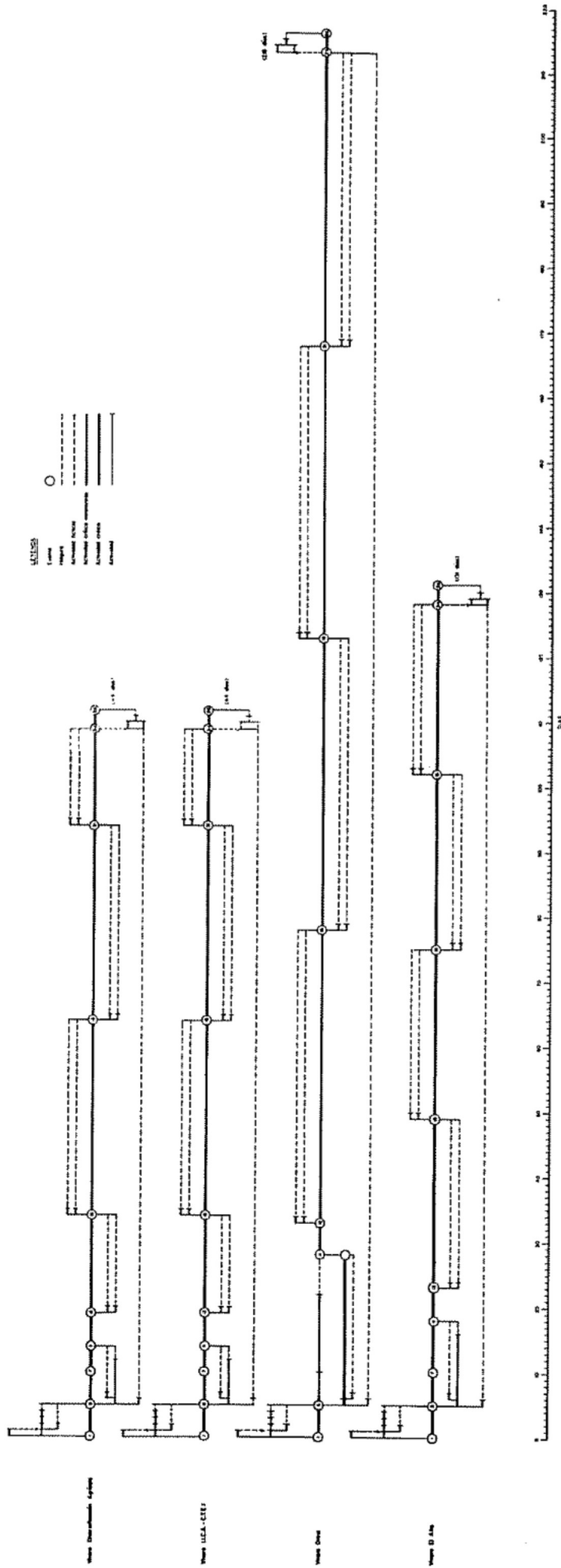


Fig. 3. Diagrama de barras de la ruta crítica del programa para los viveros Diversificación Agrícola, UCA-CTE.L, Orta y El Alto, para Erua cultivada por hidrografía.

La minimización solo se pudo llevar a cabo en los viveros del IICA-CTEI, Diversificación Agrícola y El Alto. El vivero Orosi presentó una situación peculiar donde se observa un alargamiento en los límites de germinación con respecto a los demás viveros y para la especie Pinus caribaea var hondurensis. Entonces, debido a esto no se pudo minimizar más tiempo que el que permita la duración de la actividad germinación (ver Cuadro 7).

La minimización se llevó a cabo mediante el criterio nivelación de mano de obra descrito anteriormente y tomando en cuenta número de obreros normalmente disponibles de cada uno de los viveros. El tiempo se redujo en límites que oscilaron de 4 a 8 días.

5.4.1. Cambios en el camino crítico

Ahora bien, con un incremento de mano de obra es posible reducir el tiempo considerablemente en algunas actividades críticas. Estas actividades que están, o pueden estar afectadas, por un incremento de mano de obra en el Patrón General (ver Figura 5) serían preparación de suelo para germinadores (1-6), preparación de suelo (6-7), llenado de envases o preparación de camas (7-11), repique u otra actividad (11-12); Por ejemplo, si se duplica la mano de obra en cualquiera de estas actividades se puede reducir el tiempo de duración a la mitad del tiempo que normalmente consumía. Existen otras actividades críticas que a pesar de un incremento de mano de obra no se acortaría su duración ya que estas dependen de factores climáticos y ecológicos (crecimiento de plantas) ajenos al control del viverista.

5.5. Justificación de la aplicación de PERT/CPM al manejo de viveros

La aplicación de un sistema a la administración tiene que justificarse con su propia utilidad. Una indicación de utilidad se puede derivar de la relación entre actividades críticas y el total de las actividades necesarias para el proyecto. Dividiendo el número de actividades críticas entre el número total de actividades del proyecto, obtendremos un cociente; mientras este cociente se acerque más a uno menos aplicable será el patrón general (1).

En este sistema aplicable a viveros forestales, se encontró un cociente de 0,3 (9 actividades críticas sobre 30 actividades totales). Normalmente un cociente inferior a 0,5 indica una buena aplicabilidad del sistema al proyecto en cuestión.

Por otra parte las entrevistas para explicar el patrón general formado resultaron favorables. Las variaciones sugeridas afectaron no más que 8 de las 30 actividades, y solamente en el sentido de moldear estas actividades a circunstancias peculiares del entrevistado. En ningún caso se encontró rechazo de una actividad o la presencia en el patrón de relaciones imposibles, sea por no excluir actividades indispensables o por incluir actividades que perturben la administración actual del vivero.

Reconociendo que todas las tareas del administrador no están planificadas en el patrón general se tomó una muestra de observaciones de una semana en dos de los viveros en estudio, cuyos objetivos y niveles de producción difieren grandemente. El Cuadro 9 Estimación sobre la aplicabilidad del sistema PERT/CPM en varios tipos de viveros demuestra

Cuadro 9. Estimaciones sobre la aplicabilidad del sistema PERT/CPM en varios tipos de viveros.

| Actividades | Muestra de una semana ^{1/} | | Estimación para un año | | |
|---|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | IICA-CTEI (horas) | Diversificación Agrícola (horas) | Duración (días) | Factor de extrapolación | Total de Hombres-días |
| Programadas por PERT/CPM ^{2/} | 57 | 362 | 23,25 | x 4 hombres x 3,2 ciclos | 297 |
| No programadas por PERT/CPM | 134 | 26 | | | |
| En el vivero: | 64 ^{5/} | | | | |
| Control de zacate | 18 ^{4/} | - | 16,00 | x 1 hombre | 16 |
| Fabricación de envases metálicos | - | - | 12,00 | x 1 hombre | 12 |
| Extracción de semillas | 30 | - | 40,61 | x 4 hombres | 162 |
| Almuerzo | 12 | 24 | 16,25 | x 4 hombres | 65 |
| Otras | 22 | 2 | 16,25 | x 4 hombres | 65 |
| Fuera del vivero: | | | | | |
| Recolección de semillas | 70 | - | - | | - |
| Traer tierra ^{2/} | - | (6) | | | - |
| Hombres-días potencialmente programable y dentro del vivero | | | | | 7 |
| Hombres-días total disponible ^{2/} | 191 | 388 | 260 | x 4 hombres | 617 |
| | | | | | 1040 |

1/ Se tomó una semana completa de observación en cada vivero.

2/ Esta actividad está programada, pero se lleva a cabo fuera del vivero y por lo tanto no se incluye su duración como no programada.

3/ Las actividades programadas por PERT/CPM están en el vivero.

4/ Se hizo limpieza general con 6 obreros ajenos al vivero y el tiempo actualmente observado no es típico del trabajo normal.

5/ No se incluye el tiempo de los obreros que no pertenecen al vivero.

6/ Es una suposición de la situación donde el vivero trata con una gran variedad de condiciones no programadas por PERT/CPM. La duración de las actividades están de acuerdo con las muestras observadas. Esta representa los días de trabajo en promedio para una cuadrilla normal.

que tanto en el vivero IICA-CTEI como Diversificación Agrícola existen varias actividades no incluidas en el patrón general. Estas actividades varían grandemente de vivero a vivero, y las mismas no están directamente relacionadas con la producción de plantas en sí. Sin embargo se observó que un 53 por ciento (617 Hombres-días potencialmente programables y dentro del vivero \div 1040 Hombres-días total disponible) de actividades potencialmente programables que podrían ser incluidas siempre y cuando se planifiquen estas con anticipación. También se obtuvo un 82 por ciento (297 Total de Hombres-días \div 365 días) de días hábiles de trabajo por año que se podrían incluir dentro del sistema PERT/CPM.

Para hacer la estimación para un año se tomó en cuenta el vivero IICA-CTEI por presentar en la semana de muestreo un mayor número de horas utilizadas fuera de las actividades programadas. Es decir, se considera que, tales condiciones son las más adversas en cuanto a la aplicabilidad del sistema PERT/CPM. Se trabajó con el tiempo minimizado del ciclo de producción (Fig. 5) en la especie Pinus caribaea.

Puede notarse también en el Cuadro 9 la utilización de mano de obra en los grandes períodos de holgura que presenta el patrón (Fig. 4). Estos días de aparente desocupación pueden ser programados para trabajos auxiliares de mantenimiento, preparación y extracción de semillas; o iniciar otro ciclo de producción de igual forma, pero 28 días después de haber iniciado el primer ciclo. Actualmente esta forma de planificación en serie es la utilizada comúnmente para ocupar la mano de obra en viveros de producción comercial de plantas.

6. CONCLUSIONES

1. La planificación del patrón general parece aplicable tanto a viveros forestales comerciales como a otros tipos de viveros forestales. En el caso de menor aplicabilidad, todavía es posible lograr la programación de 82 por ciento del tiempo y más del 58 por ciento de la mano de obra a través del patrón general.
2. El patrón general fue aplicado a cualquier nivel de producción total del vivero, y resultó funcional dentro de los límites de las tecnologías observadas. Solamente (5) actividades están sujetas a economías de escala, es decir a niveles de producción de plantas y costo por planta.
3. El patrón general se aplica bajo condiciones ecológicas diferentes como podemos probar en Costa Rica y diferentes condiciones locales, o intrínsecas de cada vivero. El tiempo que dura la producción de plantas en diferentes ambientes puede variar mucho, hasta doblar el tiempo total, pero el patrón general no se vería afectado en la planificación de producción de plantas.
4. El patrón general basado en el sistema PERT/CPM permite la administración de tres parámetros; los costos directos por actividad, cantidad de mano de obra requerida por actividad y duración de cada actividad. Estos parámetros se pueden determinar en todos y cada uno de los días que dure el proyecto, y a través de la planificación general lograr producción de plantas o administración de personal dentro del vivero.

5. Con el sistema de PERT/CPM se notan más inconvenientes cuando no existen datos sobre costos, tiempos de duración por actividad, y cantidad de hombres por actividad; pero la ausencia de estos datos puede ser superada más fácilmente con esta planificación a base de similitudes y comparabilidades generales de actividades entre viveros, o donde exista alguna experiencia previa.
6. La aplicación de este sistema en viveros forestales ayuda al administrador en la planificación, establecimiento, programación y control de producción de plantas.

7. RESUMEN

El presente trabajo se concreta a probar un método basado en PERT/CPM (Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method). El objetivo único es formular un sistema de organización de las actividades funcionales en el vivero, adecuadas para su producción técnica y económica, la cual será aplicable a muchos tipos de viveros forestales con pequeñas modificaciones de acuerdo con las condiciones locales.

Se tomaron cuatro viveros forestales de Costa Rica con objetivos, niveles de producción ó condiciones ecológicas diferentes de una población de diez viveros forestales. Las variables para las actividades dentro del vivero que se midieron fueron: a) duración de actividad; b) costos directos por actividad y c) cantidad de mano de obra por actividad.

Se formuló una lista de actividades que se consideraron necesarias para viveros. Con esta lista de actividades se llevó a cabo la planificación de la producción de plantas con base en el sistema PERT/CPM. Luego se realizaron entrevistas a manera de discusión con los encargados jefes de los viveros para obtener sus criterios y comentarios sobre el diagrama de planificación.

Después de rectificado este diagrama de planificación, se llevó a un cuadro de programación de todas las actividades planificadas. En este diagrama de flechas o red de eventos orientados se llevó a cabo el cálculo de su camino crítico de acuerdo al sistema CPM. Este diagrama de flechas se plasmó en un diagrama de barras para facilitar así

el entendimiento del sistema.

Se utilizó el diagrama de barras para la programación de los cuatro viveros en estudio con sus tiempos normales de duración de cada actividad; aquí se llevó a cabo la minimización de tiempos mediante el criterio de nivelación de mano de obra. La aplicación de minimización acortó así la duración del ciclo de producción de plantas en los viveros ahorrando entre 4 a 8 días.

Se estudió adicionalmente una aplicación del sistema PERT/CPM a todas las actividades en dos de los cuatro viveros y se obtuvo lo siguiente: En el caso de menos aplicabilidad, se estimó es posible lograr la programación del 82 por ciento de los hombre-días disponibles, ya que más del 58 por ciento de la mano de obra es a través del patrón de PERT/CPM.

Se concluyó que: a) La planificación del patrón general parece aplicable tanto a viveros forestales comerciales como a otros tipos de viveros forestales; b) El patrón general es aplicable a cualquier nivel de producción, y resultó funcional dentro de los límites de las tecnologías observadas; c) El patrón general es aplicable bajo condiciones ecológicas diferentes como se probó en Costa Rica y d) El patrón general basado en el sistema PERT/CPM permite la administración de tres parámetros (los costos directos por actividad, cantidad de mano de obra requerida por actividad y duración de cada actividad). Estos parámetros se pueden determinar en todos y cada uno de los días que dure el proyecto. Finalmente el sistema de PERT/CPM ayudará al administrador a planear, programar y controlar la producción de plantas y además le facilita la utilización de ciclos simultáneos de producción.

7a. SUMMARY

The present study proposes a concrete way of applying PERT/CPM (Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method). The sole object is to formulate a system of organized and functional activities of a nursery, such that it will be applicable to many types of forest nurseries with small modifications as are necessary due to local conditions.

Four forest nurseries in Costa Rica were studied from a population of ten nurseries, each with different objectives, levels of production, or different ecological conditions. The variables for the nursery activities which were measured were: a) length of activity, b) direct costs per activity, and c) amount of manpower per activity.

A list of necessary activities was formulated for the nurseries. With this list of activities a coordinated plan for producing seedlings was made, based on PERT/CPM. Later, interviews were held with the managers of the nurseries in order to obtain criticisms of the planning.

After modifying the plan for producing seedlings, these activities were programmed over time. The arrow network was used on the calculation of the critical path according to the CPM system. The arrow network was drafted in the form of a time-bar-diagram so as to facilitate the readability of the system.

The time-bar-diagram was used to program the four nurseries of the study, with normal times being utilized for most of the activities; however, some critical activities were subject to a reduction of

their durations under a manpower leveling criteria. The minimization of times so applied shortened the cycle of production of plants in the nurseries studied, saving between 4 to 8 days.

An additional study of applying PERT/CPM to all activities found in nurseries was made in two cases and resulted in the following: in the case of least applicability, it was still possible to program 82 per cent of the available man-days and that more than 58 per cent of the manpower is programmable by means of the proposed PERT/CPM system.

It was concluded that: a) the proposed general plan seems applicable as much as to commercial nurseries as other types of nurseries, b) that the general plan is applicable as whatever level of production and was found to be functional within the limits of technology observed, c) that the general plan is applicable under the different ecological conditions which could be tested in Costa Rica, d) the general plan based on PERT/CPM allows for the administration of three parameters (direct costs by activity, manpower required by activity and time required by activity). These parameters one can determine for for each and every activity, and for each day of the project. Finally, that the PERT/CPM system would help the administrator plan, program and control the production of seedlings, as well as help in the cycling of simultaneous production.

8. LITERATURA CITADA

1. ANTILL, J. y WOODHEAD, R. Método de la ruta crítica. Trad. Fernando Echeagaray y Dagoberto De la Serna. México, D. F., Limusa-Wiley, 1969. 315 p.
2. AVILA, C. Un experimento en el enraizamiento de E. globulus en el vivero, consideración preliminar. Bolivia Maderera 2(15):15-20. 1954.
3. BARNARD, R. Promising exotics. Malayan Forester 12(4):212. 1949.
4. BRETON, A. Importancia y uso de viveros forestales. Campaña de Ahora (Rep. Dominicana) 1(5):11-13. 1967.
5. CATALYTIC CONSTRUCTION COMPANY. Método del camino crítico. México, D. F., Diana, 1971. 125 p.
6. COSINUKE, W. El método del camino crítico. In Stilian, G. Pert un nuevo instrumento de planificación y control. Trad. Jesús Landa. 4 ed. Barcelona, Deusto, 1969. pp. 159-175.
7. COSTA RICA. Servicio Meteorológico, Anuario Meteorológico. 1970, San José, 1971. 175 p.
8. CHUEN-TAO, L. Aplicaciones prácticas del PERT y CPM. España, Deusto. 4 ed. 1969. pp. 16-21.
9. DAVIS, J. Why not Pert your next resource management problem? Journal Forestry 66(5):405-408. 1968.
10. DIAZ, V. Las plantaciones de eucaliptos de la Compañía minas de Matahambre, S. A. en provincia de Pinar del Rio, Cuba. Caribbean Forester 18(3-4):49-56. 1957.
11. _____. Técnica en el manejo de viveros forestales empleadas en Cuba. In Congreso Mundial Forestal, 6º, Madrid, España. 1966. v. 2, pp. 1607-1608.
12. EVARST, H. Introducción al PERT. Trad. por Company Pascual. Barcelona, España, Sagitario, 1965. 151 p.
13. FERGUSON, J. Eucalyptus deglupta BL. Tectona 40(1):51-61. 1950.
14. FLINTA, C. Práctica de plantación forestal en América Latina. FAO. Cuaderno de Fomento Forestal nº 15. 1966. 497 p.

15. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Tree planting practices in temperate Asia. Burma- India- Pakistan. Roma. nº 14. 1959. 149 p.
16. _____. La manipulación de semillas forestales. Roma. nº 4. 1966. 124 p.
17. _____. Segunda conferencia mundial del eucalipto. Informe final. Sao Paulo, Brasil. 1961. 202 p.
18. GRIJPMA, P. Eucalyptus deglupta BL. Una especie prometedora para los trópicos húmedos de América Latina. Turrialba 19(2):267-283. 1969.
19. HEATHER, W. The kamarere forests of New Britain. Empire Forestry Review 34(3):255-278. 1955.
20. HOLDRIDGE, L. El ciprés mexicano. Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1955. 27 p.
21. _____. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 207 p.
22. LIZARDO, L. Methods used in the trial plantings of Eucalyptus in Philippines. Filipino Forester nº 8:91-101. 1956.
23. LOPEZ, C. Repoblación artificial en Colombia: adaptación especial de coníferas. In World Forestry Congress, 5th, Seattle, 1960. Proceedings. Seattle, University of Washington. 1960. pp. 1973-1974.
24. MALCOLM, D. Nuevos instrumentos en el desarrollo de la técnica de la dirección. In Stilian, G. PERT un nuevo instrumento de planificación y control. Trad. Jesús Landa. 4 ed. Barcelona, Deusto, 1969. pp. 21-35.
25. MARRERO, J. Prácticas usadas en los viveros de pinos en Puerto Rico. Caribbean Forester 23(2):87-99. 1962.
26. MOLINA, J. Esquema técnico económico para planificar una forestación tipo en la llanura Pampera. Revista Forestal Argentina 6(1):70-71. 1962.
27. OLIVE, C. y UMLAND, B. Cost accounting in T.V.A. forest nurseries. Journal Forestry 50(8):831-833. 1952.
28. OUDEN, P. DEN e BOOM, B. K. Manual of cultivated conifers. The Hague, Nijhoff, 1965. pp. 133-139.

29. PARRY, M. S. Métodos de plantación de bosques en el Africa Tropical. FAO. Cuadernos de Fomento Forestal nº 8. 1957. pp. 198-201.
30. PIMENTEL, L. Viveros semilleros portátiles y el trasplante anticipado. Bosques (México) 8(3):6-7. 1971.
31. PONCE, A. Ensayo comparativo de cuatro tipos de recipientes para producción de plantas forestales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. 104 p.
32. RODRIGUEZ, J. Viveros forestales. Revista Café (Puerto Rico) 21(6):36-40. 1966.
33. SICARD, P. Como aplicar el PERT. Barcelona, Sagitario. 1971. 153 p.
34. SIMOES, L. Instruções para a cultura dos eucaliptos. Rio de Janeiro. Servicio Forestal. 1942. 26 p.
35. STILIAN, G. PERT un nuevo instrumento de planificación y control. Trad. Jesús Landa. Barcelona, España, Deusto. 1969. 203 p.
36. STOECKELER, J. y ENGSTROM, H. Nursery practice for trees and shrubs suitable for planting. U.S. Department of Agriculture. Bulletin nº 434. 1908. 159 p.
37. TOUMEY, F., KORSTIAN, C. Foundations of silviculture upon an ecological basic. 2 ed. New York, Wiley, 1947. 468 p.
38. VILLAMIZAR, A. Viveros, plagas y enfermedades. Revista Agrícola y Ganadera (Colombia) nº 276:14-15. 1966.
39. VOORHOEVE, A. y WEELDEREN, A. Nursery practices of Pinus caribaea var. hondurensis in Surinam. Turrialba 21(1):89-97. 1971.
40. WAKELEY, P. Planting the southern pines. U.S. Department of Agriculture. Bulletin nº 492. 1954. 233 p.
41. WRIGHT, J. Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales nº 16. 1964. pp. 100-120.

A P E N D I C E S

LISTA DE APENDICES

| <u>Apéndice</u> | <u>Cuadro</u> | | <u>Página</u> |
|-----------------|---------------|---|---------------|
| | 1 | Ejemplo de cálculo de costos de los insumos por planta en el vivero "Diversificación Agrícola" para <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> (Todos los valores están expresados en colones. 1 dólar = ₡8,57 colones), Enero, 1973. | 75 |
| 2 | | Cuestionario para estimar costos directos | 76 |
| 3 | | Estimación de tiempo en vivero | 78 |
| 4 | | Auxiliares de oficina para el vivero .. | 79 |
| 5 | | Estimación de tiempo en vivero | 80 |

Cuadro 1. Ejemplo de cálculo de costos de los insumos por planta en el vivero "Diversificación Agrícola" para Pinus caribaea var. hondurensis[#] (Todos los valores están expresados en colones. 1 dólar = \$8,57 colones). Enero, 1973.

| ACTIVIDAD (Nombre y Número) | CATEGORIA DE INSUMOS | ITEM | TASA DE USO | CALCULOS | COSTO/PLANTA |
|---|------------------------------|---|---|--|-----------------|
| 1-2 | | | | | |
| Revisión general | Mano de obra | Ing. encargado (1) | 1 día/200.000 plantas | $1 \times \text{¢}114,00$ $\frac{200.000^2}{200.000}$ | 0,00057 |
| 1-3 | | | | | |
| Solicitud de particulares | Mano de obra | Secretario (1) | 1 día/200.000 plantas | $1 \times \text{¢}23,35$ $\frac{200.000}{200.000}$ | 0,00010 |
| 1-6 | | | | | |
| Preparación de suelo para germinadores | Mano de obra | Obreros (1) | 5 días/200.000 plantas | $5 \times \text{¢}12,80$ $\frac{200.000}{200.000}$ | 0,00030 |
| | Materiales | arena | - | - | - |
| | | tierra | - | - | - |
| Equipo | Cajas de 0,46 x 0,25 x 0,1 m | $\frac{\text{¢}2,50 \text{ por caja}}{12 \text{ usos}}$ | $\frac{\text{¢}2,50}{12 \text{ usos}}$ 3846 plantas/caja | 0,00005 | |
| 3-4 | | | | | |
| Fijar existencia de semillas | Mano de obra | Ing. encargada (1) | 1 día/200.000 plantas | $1 \times \text{¢}114,00$ $\frac{200.000}{200.000}$ | 0,00050 |
| 3-5 | | | | | |
| Revisión de cuentas pendientes | Mano de obra | Contador (1) | 1 día/200.000 plantas | $1 \times \text{¢}50,00$ $\frac{200.000}{200.000}$ | 0,00030 |
| 5-8 | | | | | |
| Siebra de la semilla | Mano de obra | Obreros (1) | 1 día/13 cajas 1 caja = 3846 plantas | $1 \times \text{¢}12,80$ $\frac{50.000}{50.000}$ | 0,00025 |
| | Materiales | semillas | 1 kilogramo tiene 50.000 semillas con 50% de germinación | $\frac{54.255 \times 0,5}{2,2 \text{ lb}}$ a $\text{¢}325/\text{lb}$ | 0,03910 |
| | | Tierra | transporte de 26 m ³ a $\text{¢}6,85/\text{m}^3$ | $\frac{26 \text{ m}^3 \times \text{¢}6,85}{50.000}$ | 0,00085 |
| | Materiales | Fertilizante | 2,75 lb/m ³ de tierra a $\text{¢}0,40/\text{lb}$ | $\frac{\text{¢}2,75(26 \text{ m}^3) \text{ ¢}40}{50.000}$ | 0,00060 |
| 5-7 | | | | | |
| Preparación de suelo | | Drumero de metal | 1 lb/2 m ³ de tierra a $\text{¢}7/\text{lb}$ | $\frac{13 \text{ lb} \times \text{¢}7}{50.000}$ $\frac{26 \text{ m}^3}{0,4 \text{ m}^3/\text{hora}} \times \text{¢}1,60/\text{hora}$ $\frac{50.000}{50.000}$ | 0,00180 |
| | Mano de obra | Mezclar y cernir (2) | 0,40 m ³ tarda 1 hora a $\text{¢}1,60/\text{hora}$ | $\frac{0,4 \text{ m}^3/\text{hora} \times \text{¢}1,60/\text{hora}}{50.000}$ | 0,00208 |
| | | | | | |
| 5-10 | | | | | |
| Notificación al solicitante | Materiales | Teléfono | 3 llamadas a $\text{¢}1,25 \text{ c/u}$ | $\frac{3 \times \text{¢}1,25}{200.000}$ | 0,00001 |
| | Mano de obra | Secretario (1) | 3 horas/200.000 | $\frac{3 \text{ horas} \times \text{¢}2,95}{200.000}$ | 0,00004 |
| | Equipo | Envases (plásticos) | dimensiones [0,14 m x (0,063 m) ²] | $\frac{\text{¢}0,40 \text{ por envase}}{12 \text{ usos}}$ | 0,03300 |
| | | telas | dimensiones [10,97 m x 5,02 m] | $\frac{\text{¢}15,00/\text{unidad}}{24 \text{ envases}}$ $\frac{20 \text{ usos}}{20 \text{ usos}}$ | 0,00890 |
| 7-11 | | | | | |
| Llenado de envases | | soportes | dimensiones [0,30 m x (0,09 m) ²] | $\frac{\text{¢}0,80}{24 \text{ envases}}$ $\frac{20 \text{ usos}}{20 \text{ usos}}$ | 0,00460 |
| | Mano de obra | Llenado (1) | 4500 envases/día a $\text{¢}12,80/\text{día}$ | $\frac{54.255}{4.500} \times (\text{¢}1,60 \times 8)$ $\frac{54.255}{5.000} \times (\text{¢}12,80)$ | 0,00284 |
| | | acomodar (1) | 3000 envases/día a $\text{¢}12,80/\text{día}$ | $\frac{54.255}{3.000} \times (\text{¢}12,80)$ $\frac{54.255}{54.255}$ | 0,00420 |
| 8-11 | | | | | |
| Germinación | - | - | - | - | - |
| 12-14, 15-16, 18-19, 21-22 | | | | | |
| Riego | Materiales | gasolina | 48 veces x $\text{¢}5,60$ | $\frac{\text{¢}306,80}{50.000}$ | 0,00650 |
| | | aceite | en 48 horas se consumen $\text{¢}10,00$ de aceite | $\frac{\text{¢}10,00}{50.000}$ | |
| 11-12 | | | | | |
| Repique | Mano de obra | Obreros (5) | 2000 plantas/día | $\frac{26 \text{ días} \times \text{¢}12,80/\text{día}}{51.000}$ | 0,00652 |
| 12-13, 15-17, 18-20, 21-23 | | | | | |
| Deshierbo ^{1/} | Mano de obra | Obreros (2) | 5000 plantas/día | $\frac{5 \text{ días} \times \text{¢}12,80/\text{día}}{51.000}$ | 0,00125 |
| 10-25 | | | | | |
| Preparación de factura | Materiales | Talonarios | 150 facturas/200.000 | $\frac{3 \text{ talonarios} \times \text{¢}4,00 \text{ c/u}}{200.000}$ | 0,00006 |
| | Mano de obra | encargado del vivero (1) | | $\frac{25 \text{ horas} \times \text{¢}2,00/\text{hora}}{200.000}$ | 0,00025 |
| 10-24 | | | | | |
| Confirmación del despacho | Materiales | Secretario (1) | 3 llamadas a $\text{¢}1,25 \text{ c/u}$ | $\frac{3 \times \text{¢}1,25}{200.000}$ | 0,00001 |
| | Mano de obra | " | 3 horas a $\text{¢}2,95 \text{ c/u}$ | $\frac{3 \times \text{¢}2,95}{200.000}$ | 0,00004 |
| 24-26 | | | | | |
| Preparación y despacho de plantas | Mano de obra | Obreros (3) | 3 horas cargan 2000 plantas/hora | $\frac{25 \text{ horas} \times \text{¢}1,60/\text{hora}}{50.000}$ | 0,00080 |
| | | | | $\frac{50.000}{50.000}$ | |
| | | | | COSTO TOTAL | ¢0,11609 |

^{*} Tanto la actividad como su número corresponden al patrón general.

[#] La producción en este vivero de Pinus caribaea alcanza 50.000 plantas en un ciclo de seis meses.

^{1/} Número de obreros por actividad.

^{1/} En el patrón general esta actividad puede llevarse a cabo simultánea a la fertilización ó individual. En este vivero no se realiza la fertilización.

^{2/} Cantidad de plantas.

CUESTIONARIO PARA ESTIMAR COSTOS DIRECTOS

Nombre del vivero _____

Propietario _____

A) Lista de Costos

1. Cuál es el valor de los envases por unidad? _____

2. Si las semillas utilizadas son importadas, cuál es el valor de éstas por kilo?, (favor de especificarlo por especies utilizadas)

3. Si las semillas utilizadas son de origen local; Cuál es el valor.

a) Costo del material _____

b) Costo de la labor _____

4. Preparación del suelo; Costos de esta operación.

a) Costos del material utilizado _____

b) Costos de la labor _____

Irrigación. Tipos de irrigación; Costos de la operación del equipo. _____

5. Preparación de la semilla; Tratamiento contra plagas y enfermedades o cualquier otro tipo de tratamiento anterior a la siembra. Costos del material. _____

Costos de la labor. _____

Especifique alguna otra operación adicional. _____

6. Llenado de los envases. _____

a) Costos de la labor. _____

7. Siembra de las semillas en las camas de germinación;
a) Costos del material (sin contar la semilla). _____

b) Costos de la labor o repique. _____

8. Transporte de las plántulas a los envases. Costos. _____

9. Preparación para el transporte de las plántulas. Costos. _____

- 10 Fertilizantes; Costos por bolsa y cantidad comprada. _____

11. Hierbicidas. Costos y cantidad. _____

12. Fungicidas; Costos y cantidad. _____

13. Insecticidas. Costos y cantidad. _____

14. Qué tiempo permanece activo el vivero. _____

15. Mantenimiento en general; Cualquier otra operación no descrita en las anteriores pero que impliquen gastos de dinero o mano de obra para el funcionamiento normal del vivero. (Sin incluir infraestructura, carreteras, etc.)

ESTIMACION DE TIEMPO EN VIVERO

Fecha _____ Vivero _____ Planilla _____
 Nº de obreros _____ Ing. Encargado(s) _____ Capataz (ces) _____

| | M a n o d e O b r a | | |
|---|---------------------|---------|--------------|
| | Ing. (s) | Obreros | Capataz(ces) |
| Hora de llegada | | | |
| Hora de salida | | | |
| Tiempo total | | | |
| Tiempo total en el vivero | | | |
| Tiempo total fuera del vivero | | | |
| <u>Act. dentro de la Planificación</u> | | | |
| Revisión General (1-2) | | | |
| Solicitud de particulares (1-3) | | | |
| Preparación de suelo para germinadores (1-6) | | | |
| Fijar existencia de semillas (3-4) | | | |
| Rev. de cuentas pendientes (3-6) | | | |
| Pedir si falta (4-5) | | | |
| Suministro de semillas (5-6) | | | |
| Notificación al solicitante (6-10) | | | |
| Preparación de suelo (6-10) | | | |
| Siembra de semillas (6-8) | | | |
| Llenado de envases o preparación de camas (7-11) | | | |
| Riego en los germinadores (8-9) | | | |
| Germinación (8-11) | | | |
| Preparación de factura (10-25) | | | |
| Repique u otra actividad (11-12) | | | |
| Fertilización y/o deshierbe (2-13, 15-17, 18-20, 21-23) | | | |
| Riego (12-15, 15-18, 18-21, 21-24) | | | |
| Crec. de plantas (12-15, 15-18, 18-21, 21-24) | | | |
| Confirmación del despacho(24-25) | | | |
| Preparación y despacho de plantas (24-26) | | | |
| Preparación de facturas (25-26) | | | |

AUXILIARES DE OFICINA PARA EL VIVERO

Record de Actividades

Fecha _____ Vivero _____ Nº de auxiliares _____

Hora de llegada
Hora de salida
Tiempo total
Tiempo que le dedica al vivero
Act. dentro de la Planificación
Revisión general (1-2)
Solicitud de particulares (1-3)
Rev. de cuentas pendientes (3-6)
Pedir si falta (4-5)
Suministro de semillas (5-6)
Notificación al solicitante
(6-10)
Preparación de factura (10-25)
Confirmación del despacho (24-25)
Presentación de facturas (25-26)
Act. fuera de la Planificación

Persona encargada de llevar a cabo la actividad _____

ESTIMACION DE TIEMPO EN VIVERO

Fecha _____ Vivero _____ Planilla _____

Nº de obreros _____ Ing. Encargado(s) _____ Capataz (ces) _____

Act. no planificadas por PERT/CPM

Tiempo de trabajo subtotal

Otras actividades