

EVALUACION DE PERDIDAS EN EXPLOTACION DE CATIVO

Piora copaifera EN COSTA RICA

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Abel Aguilera Aguilera



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ciencias Forestales Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Marzo, 1972

EVALUACION DE PERDIDAS EN EXPLOTACION DE CATIVO

Prioria copaifera FM COSTA RICA

Tesis

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

Magister Scientiae

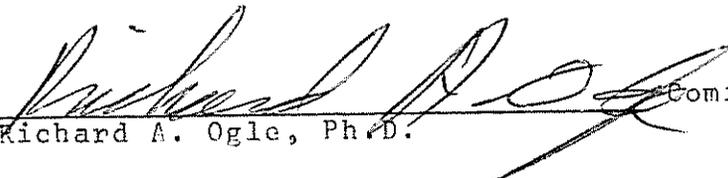
en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

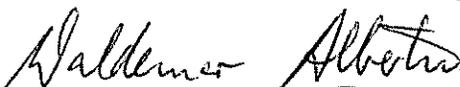
APROBADA:



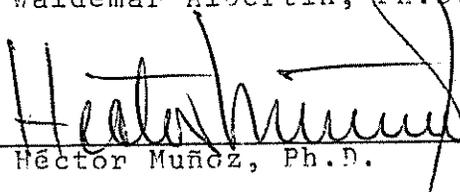
Pablo Rosero, M.A. Consejero



Richard A. Ogle, Ph.D. Comité



Waldemar Albertin, Ph.D. Comité



Héctor Muñoz, Ph.D. Comité

Marzo, 1972

A Martha, mi esposa

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos:

Al Ing. Pablo Rosero, por su valiosa colaboración y sugerencias recibidas como consejero principal en la dirección del presente trabajo.

Al Ing. John Phillips, por su ayuda y orientación inicial, ya que al separarse del IICA se vio obligado a renunciar como consejero principal de esta investigación.

A los miembros de su comité consejero:

Dr. Richard Ogle, Dr. Héctor Muñoz y Dr. Waldemar Albertin, por el asesoramiento y facilidades prestadas en el desarrollo del trabajo.

Al Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, por la beca otorgada para realizar estudios de postgrado.

A sus profesores que le otorgaron su orientación, amistad y un provechoso legado de conocimientos.

A todo el personal del departamento de Estadística y Computación y al de la Biblioteca Conmemorativa Orton, por su valiosa cooperación.

A los señores Salvador Hasbun y Luis Dickson, por las facilidades prestadas para llevar a término satisfactorio el trabajo de campo en sus respectivas explotaciones.

A los compañeros de estudio y a todas las personas que directa o indirectamente intervinieron para la realización del presente estudio.

BIOGRAFIA

Abel Aguilera Aguilera nació en Cárdenas, San Luis Potosí, México, el 10 de octubre de 1942. Hizo sus estudios primarios y secundarios en la Capital del Estado. Se graduó de Bachiller en Ciencias en la Universidad Autónoma Potosina.

Ingresó a la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" de la Universidad de Coahuila en setiembre de 1962, donde cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo, terminando el plan de estudios en julio de 1967.

Trabajó desde agosto de 1967 como jefe de zona en la Dirección General de Sanidad Vegetal de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, con sede en la ciudad de Mexicali, Baja California.

En marzo de 1969 participó en el Primer Congreso de Divulgación Agrícola de la Dirección General de Extensión Agrícola en Chapingo.

En octubre de 1969 presentó su examen profesional obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo.

Ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en setiembre de 1970, donde permaneció haciendo estudios de postgrado en la disciplina de Ciencias Forestales, graduándose en el mes de marzo de 1972.

INDICE DE CUADROS

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Interpretación cuantitativa de la matriz de correlación	17
2	Distribución de los defectos por árbol	19
3	Distribución de los defectos por rango de D.A.P. y por tipo de defecto	20
4	Pérdidas de cada tipo de defecto de acuerdo al volumen de pérdidas totales	21
5	Pérdidas por defectos de acuerdo al volumen total	21
6	Matriz de correlación lineal	22
7	Asociación de pérdidas con el volumen total de los árboles	23
8	Asociación de pérdidas con el D.A.P.	24
9	Relación proporcional de pérdidas	25

INDICE DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		
1	Tocón normal	13
2	Despunte	13
3	Descope	15
4	Arbol afectado de "corazón negro"	15

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
3. MATERIALES Y METODOS	8
3.1 Descripción de la zona de estudio	8
3.2 Localización del estudio	8
3.3 Recolección de datos	9
3.4 Secuencia de la explotación	10
3.5 Volúmenes de pérdidas, comercial y total	11
3.6 Mediciones tomadas para el cálculo de volúmenes	12
3.7 Análisis de las pérdidas por defectos	14
3.8 Análisis de las pérdidas totales	16
3.9 Reducción de la altura de apeo	18
4. RESULTADOS	19
4.1 Análisis de las pérdidas por defectos	19
4.2 Análisis de las pérdidas totales	23
4.2.1 Predicción de las pérdidas totales	24
4.2.2 Predicción de las pérdidas por tocón	25
4.2.3 Predicción de las pérdidas por despunte	26
4.2.4 Pérdidas por descope	26
4.2.5 Reducción de la altura de apeo	27
5. DISCUSION	28
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES	32
6a. SUMMARY AND CONCLUSIONS	34
7. LITERATURA CITADA	36
APENDICES	39

1. INTRODUCCION

Los bosques naturales tropicales, tendientes a ser homogéneos, forman parte de los recursos naturales renovables de los países y son fuente de importantes industrias, así como de subsistencia de las comunidades que los explotan. De la abundancia de estos recursos depende en gran parte la eficiente explotación de los mismos.

Cuando los bosques son abundantes en su producción de madera, pueden causar una explotación dirigida en base de la facilidad de extracción de sus productos, llegando al grado que los bosques altamente productivos se encuentran cada vez más alejados de las vías de comunicación, ocasionando así altos costos de explotación.

La tecnología industrial ha permitido la diversificación de la utilización de la madera para conseguir un mayor aprovechamiento del producto forestal, lo cual requiere una más adecuada explotación.

Para poder conocer si los recursos de una región boscosa pueden satisfacer a las necesidades de cierta industria por cierto período de tiempo, es necesario poder conocer el volumen total de madera con las características exigidas por la industria para su funcionamiento (11, 17).

Este conocimiento se logra con el levantamiento de un inventario, cuya precisión dependerá de las necesidades requeridas; de los resultados obtenidos dependerá la decisión de la explotación y el margen de seguridad que se tendrá en su aprovechamiento.

Después de tomada la decisión, se observa que en el transcurso de la explotación, los volúmenes aprovechables son menores que los

calculados (18) ocasionando un aumento de los costos unitarios de explotación y reduciendo las ganancias del maderero o la industria.

Los objetivos del presente trabajo se encaminan a analizar en un bosque tropical de Cativo (Prioria copcifera Griseb) las pérdidas de volumen entre los árboles en pie y la producción de volumen en trozas, ocasionadas por:

1. Los defectos en los fustes como pudriciones, rajaduras, huecos, sinuosidades y bifurcaciones.
2. Los trabajos de explotación como apeo, desrame, descope, despunte y arrastre.

Con los resultados obtenidos se elaboró una guía en forma de tablas de uso práctico para la deducción del volumen de pérdidas resultante de la explotación de estos bosques naturales con alto valor económico para la industria maderera de Costa Rica y similar en algunos países tropicales.

2. REVISION DE LITERATURA

Generalmente cuando se trata el tema de pérdidas de volumen por defectos en la madera se piensa en el momento en que las trozas entran en la fábrica para su elaboración. Las deducciones de volumen por defectos se hacen generalmente a trozas individuales, las pérdidas son evaluadas por escalas que difieren de acuerdo a la región, a las prácticas locales y de acuerdo al uso de las trozas (24). Pero los defectos ocasionados en la madera tienen su origen en el bosque desde que el árbol está en pie, como en el caso de pudriciones (14) cuyo ataque es común que se acelere después del apeo.

Los daños y defectos en los árboles se presentan en todos los bosques (14,26) tropicales donde el medio ambiente es favorable a la presencia de hongos causantes de pudriciones y ahuecamientos que disminuyen el potencial del bosque y cuya magnitud de pérdidas es difícil de evaluar en los rodales en pie (13).

Los daños ocasionados por cualquier agente causal suelen tener mayor proliferación cuando el hospedero se encuentra en asociaciones de muy pocas especies, tal es el caso de la asociación natural de Cativo que es explotada con intensidad creciente en nuestros días (20).

La asociación de cativo es particularmente favorable para una explotación forestal sistemática e intensiva de los rodales tropicales. Sin embargo, esta misma característica es también favorable para la proliferación de los agentes causales de defectos y en consecuencia del aumento de las pérdidas.

Se conoce que las pérdidas existen y que tienen su origen en el bosque, en la explotación y en el transporte (2); se ha observado que casi siempre existe una diferencia entre el volumen calculado en los rodales en pie y la totalidad de la madera que de éstos llega a la industria. Su volumen ha sido evaluado en los bosques de la zona Sur de Colombia en el Pacífico (1) donde se encontró una tasa de explotación de 250 millones de pies tablares Doyle por año, de los cuales solamente 165 millones llegaron a las industrias, o sea que sólo se aprovechó el 66% del volumen calculado en pie.

En planes de manejo también se han encontrado diferencias de volumen cuando se llevan a cabo secuencias de corta para tratar de estimar una producción determinada en rendimiento sostenido (26).

Si se quiere llegar al conocimiento real del problema, es necesario que en la explotación de los bosques tropicales se incluya una "fase" con un sistema de controles de calidad de la madera y rendimiento del trabajo, ya que son éstos los indicadores del cumplimiento de las normas previstas de la explotación (23), ofreciendo la posibilidad de localizar tendencias indeseables y haciendo posible la adopción de las medidas necesarias para su corrección.

Para hacer deducciones de volumen por defectos corresponde al ajustador dejar una tolerancia por cualquier defecto que pueda existir, esto requiere pericia y criterio que sólo pueden adquirirse por la experiencia y conocimiento de la especie que se mide (3), esto puede ser después de examinar las trozas cuando se abren en el aserradero y comparar los resultados con los indicios de defectos que presente la superficie o los extremos de las trozas.

Es importante conocer la frecuencia de casos de corazón negro (putrefacción del corazón del árbol) en la especie que se va a explotar debido a que su presencia ocasiona la pérdida de la parte más valiosa del árbol o sea la primera troza y a veces la mitad o más del fuste (10, 27). Además cuando en la explotación se va a utilizar a la motosierra como principal instrumento para el apeo, el corazón negro representa peligro para el operador por no poder establecer la dirección de caída.

En los casos de ataques leves de corazón negro la troza no puede ser usada para contrachapado ya que se necesita el centro sano para que el torno pueda desenrollar a las trozas (7), aun así la troza se puede usar para aserrío exceptuando cuando la superficie del área basal de la troza excede en $1/3$ lo afectado, o sea que más de la mitad de la superficie debe ser sana. En los casos que se tienen defectos por curvatura (10, 27), éstos se pueden minimizar haciendo el corte en el sitio de la curvatura.

Para tratar de resolver el problema, Trejos opina que en Costa Rica (24) el Servicio Forestal debe investigar y recomendar programas de explotación a máximo rendimiento de sus recursos forestales. Por lo que Vink (26) indica la necesidad de mejorar las tablas de volumen, perfeccionándolas especialmente con estimaciones de los árboles con defectos, ya que los considera como una gran fuente de error en los levantamientos de volumen.

Resulta ventajoso poder conocer los tipos de defectos que causan daños y poder predecir el porcentaje de volumen que se pierde de la capacidad productiva de un bosque (7, 12); así es posible tener bases

reales para establecer la economía de las explotaciones y evaluar la importancia de los hechos y tomar decisiones para estudiar las causas más importantes en la disminución de costos de las explotaciones (4).

En las Filipinas, Santos (22) señala que es permitida una reducción del 31% por defectos y pérdidas de transporte del cálculo anual de corta basado en el inventario de volumen, y Garrido (14) estima en un tercio del volumen de madera en pie disponible por hectárea como pérdida por corte, extracción y transporte. Alvarez (2) encontró el 16% de pérdidas en la explotación del "Jaul" (Alnus jorulensis).

Algunos autores (1, 14, 22) señalan las diferencias que han encontrado entre el cálculo de volumen y la producción real; pero estas cifras no nos indican por qué causa fueron las mayores pérdidas, sin embargo, están reportados algunos datos en porcentaje de árboles dañados (21), estos datos serían de más valor si señalaran la intensidad del daño y la pérdida causada por el mismo.

Tal es el estudio hecho por Nicholson en North Borneo 1958 (21), quien reporta 108 acres de explotación y 2350 árboles en pie; de éstos se encontró 45% dañados incluyendo 30% con fustes partidos y caídos, 11% con daños en la corteza y 4% con daños en la copa. Dentro de los árboles no dañados, el autor incluye a los de mala forma y cabe hacer notar que este defecto influye en la reducción del volumen en trozas.

Debido a que no se tiene suficiente conocimiento de las deducciones de volumen que se deben hacer por defectos, es difícil llegar a obtener una cifra fija del volumen aprovechable; así se concluye que en las

explotaciones realizadas en los bosques tropicales, el volumen extraído es por lo general menor que el esperado, por lo cual se aumenta el costo de producción por unidad de volumen obtenido.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción de la zona de estudio

El bosque tropical estudiado está ubicado en Costa Rica en la desembocadura del río Parismina, correspondiente a la zona de vida bosque tropical muy húmedo de la clasificación ecológica de L. R. Holdridge. Se encuentra al nivel del mar y tiene una temperatura media anual alrededor de 25°C. La precipitación media anual alcanza 4000 mm. Debido a estas condiciones climáticas y a que los suelos están sujetos a inundaciones periódicas, la explotación forestal es el mejor uso de la tierra que puede ser recomendado (17).

El área de bosques en Costa Rica (6, 8) es de 50,900 Km² de los cuales el 20,9% (10.619 Km²) están comprendidos en la zona de bosque tropical muy húmedo.

El desarrollo del bosque en esta formación es impresionante e incluye especialmente el Cativo (Prioria copaifera Griseb), especie de la familia Caesalpinaceae que crece en grupos; es típico de las orillas pantanosas y bancos de ríos de la costa Atlántica desde Panamá hasta Nicaragua (17). Esta especie fue descrita por Budowski (5) en un estudio para la identificación en el campo de los árboles forestales más importantes de la América Central.

3.2 Localización del estudio

El trabajo de levantamiento de datos en el campo se realizó en las áreas de explotación de los bosques localizados en la desembocadura

del río Parismina, comprendiendo los canales Sara y Martha, al Norte de la vertiente Atlántica de Costa Rica (Apéndice N° 1).

Los trabajos de campo se efectuaron durante octubre y noviembre de 1971; para la localización de las áreas de trabajo se requirieron dos viajes de inspección.

Se determinaron los rodales en explotación que corresponden a concesiones del Gobierno de Costa Rica a particulares; se aprovecharon los dos únicos concesionarios localizados en el área. El trabajo de recolección de datos en el campo estuvo limitado a la magnitud y restricciones de la explotación.

3.3 Recolección de datos

Para la recolección de datos se usaron una forcípula de 1 m y una cinta diamétrica de 5 m.

Se tomó como muestra cada uno de los árboles apeados de Cativo (*Prioria copaifera* G.). Como los árboles explotados estaban destinados a una fábrica de contrachapado, se tenían que apear solamente aquellos que tuvieran en la altura comercial un diámetro mínimo de 16 pulgadas (40.6 cm) para que fueran aceptados por la fábrica de contrachapado.

El trabajo de campo se realizó en dos fases; en la primera se tomaron 40 árboles o muestras con las que se calculó el número de muestras necesario para el estudio utilizando la siguiente fórmula (*) y usando el volumen total de pérdidas de cada muestra:

$$n = \frac{t^2 S_y}{L^2}$$

(*) Apuntes de clase de Muestreo.

n = número de muestras

$t_{.05} (gl = 39) = 2.023$

S^2_y = variancia

L^2 = límite de confiabilidad

En la segunda fase del trabajo de campo se completó el número de muestras necesario sobrepasado en 4, obteniéndose 90 muestras en total.

Por facilidad y exactitud se midieron los árboles después del apeo, a pesar de que el objetivo del estudio fue analizar la diferencia entre el volumen de los árboles en pie y su volumen aprovechable.

Como el estudio estaba condicionado al método de la explotación, se hicieron varias observaciones del sistema para poder tomar las anotaciones en forma consecutiva.

3.4 Secuencia de la explotación

- A. Selección del árbol de acuerdo al diámetro mínimo en la altura comercial.
- B. Apeo del árbol con motosierra.
- C. Despunte con motosierra de un extremo del fuste para facilitar el arrastre.
- D. Medición del fuste hasta un múltiplo de 9 pies, 2,74 m (medida mínima de troza aceptada por la fábrica de contrachapado).
- E. Arrastre del fuste hacia el patio de troceo.
- F. Troceo del fuste en trozas de 27, 18 ó 9 pies.

- G. Transporte por agua hasta el punto de embarque del ferrocarril.

Ajustándose al sistema anterior se adoptaron los formularios de campo para poder calcular por cada árbol el volumen de pérdidas y su causa, el volumen aprovechable y el volumen total (Apéndice 2).

3.5 Volúmenes de pérdidas, comercial y total

El volumen de pérdidas quedó constituido por los tipos siguientes:

- A. Volumen de pérdidas por tocón
- B. Volumen de pérdidas por despunte
Sección de un extremo del fuste que fue aguzado para facilitar el arrastre.
- C. Volumen de pérdidas por descope
Sección del fuste que se cortaba antes de la altura comercial por ser menor de 9 pies de largo. Considerando a la altura comercial en la primera bifurcación o en un diámetro mínimo de 40 cm.
- D. Volumen de pérdidas por defectos
Fue el volumen de madera afectado por pudriciones, rajaduras, huecos centrales, nudos huecos y ramas muertas.
- E. Volumen comercial
El volumen comercial quedó constituido por el fuste que fue arrastrado hacia el patio de troceo, descontándole la sección del despunte.

F. Volumen total del árbol

El volumen total del árbol se encontró sumando todos los volúmenes anteriores, excluyendo a los afectados por defectos. Estos se incluyeron únicamente en los casos en que el defecto dañaba a una sección o troza completa que se quedaba en el bosque.

3.6 Mediciones tomadas para el cálculo de volúmenes

Para calcular cada uno de los volúmenes de pérdidas, se tomaron directamente a los árboles apeados las siguientes mediciones:

A. Volumen del tocón

Se midió el diámetro a la altura del corte y la altura del tocón. Para calcular el volumen del tocón se encontró la dificultad de medir con precisión la sección transversal al nivel del suelo debido a su irregularidad; por lo tanto, se consideró como si fuera un cilindro de sección transversal equivalente a la superficie de corte (Fig. 1).

B. Volumen del despunte

Para evaluar su volumen se midió el diámetro en el extremo del fuste antes del despunte y al terminarlo se tomó el diámetro en el sitio de inicio del despunte, así como el largo del mismo (Fig. 2).

C. Volumen del descope

En los casos en que hubo pérdidas de volumen por descope o sea cuando el corte fue hecho antes de la altura



Figura 1 Tocón normal



Figura 2 Despunte

comercial, se midieron los diámetros a la altura comercial y a la altura donde fue hecho el corte para el descope, se midió también la distancia entre los dos diámetros medidos (Fig. 3).

D. Volumen de defectos

El volumen de defectos fue calculado midiendo el largo de la sección de la troza que presentaba el defecto, sobrepasando a éste en dos centímetros a cada lado y en estos puntos se midió el diámetro (Fig. 4).

E. Volumen comercial

El volumen comercial fue calculado midiendo los fustes en secciones de 4 m y tomando el diámetro en estos extremos.

Este procedimiento se utilizó para 50 árboles y con los datos obtenidos se calculó el factor de forma que sirvió para el cálculo de volumen de los 40 restantes.

Se midió además en todas las muestras el D.A.P. para referir a los árboles a una variable común y de uso en cualquier inventario forestal. Para la cubicación de todos los volúmenes citados se empleó la fórmula de Smalian (25).

3.7 Análisis de las pérdidas por defectos

Con los volúmenes obtenidos se procedió a analizar las pérdidas por defectos en porcentaje del volumen de pérdidas y del volumen total de los árboles. Asimismo para cada uno de los tipos de defecto.



Figura 3 Descope



Figura 4 Arbol afectado de "corazón negro"

Se obtuvo el número de árboles dañados por defectos, se hizo la distribución del volumen de los daños ocasionados de acuerdo al D.A.P. de los árboles dañados y también de acuerdo al tipo de defecto y el total de ambos.

3.8 Análisis de las pérdidas totales

Para el análisis de las pérdidas totales se procedió primeramente a la descripción de las variables obtenidas.

A. Descripción de las variables estudiadas:

- X_1 Altura del tocón
- X_2 Rango de 10 cm para altura del tocón
- X_3 Diámetro del tocón
- X_4 Rango de 10 cm para diámetro del tocón
- X_5 Diámetro a la altura del pecho
- X_6 Rango de 10 cm para D.A.P.
- X_7 Pérdida de volumen por tocón
- X_8 Pérdida de volumen por despunte
- X_9 Pérdida de volumen por descope
- X_{10} Pérdida de volumen por trabajo ($X_7 + X_8 + X_9$)
- X_{11} Volumen aprovechable
- X_{12} Volumen total del árbol
- X_{13} Volumen total de pérdidas

Con las variables anteriores se construyó una matriz de correlación lineal (Cuadro 6).

Para la interpretación de la matriz de correlación se considera como estimador el valor de (r) o coeficiente de correlación; con este valor elevado al cuadrado obtenemos el coeficiente de determinación, el cual, multiplicado por 100 expresa el porcentaje de asociación que existe entre dos variables elegidas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Interpretación cuantitativa de la matriz de correlación (*)

% de asociación	Intepretación
Menor de 25	Baja
25 - 50	Media
50 - 75	Fuerte
75 - 100	Muy fuerte

(*) Apuntes de clase de Estadística.

Como todos los inventarios están encaminados a obtener resultados de volumen total relacionados con el D.A.P. de los árboles, se utilizaron estas dos variables como independientes en las predicciones de pérdidas, para que los datos resultantes se pudieran reducir directamente de los volúmenes obtenidos de los inventarios mencionados.

Se hicieron tablas de volúmenes de pérdidas para lo cual se utilizó el volumen total y el D.A.P. como variables independientes y como variable dependiente el volumen de pérdidas totales. Con estas variables se analizaron 3 modelos de regresión para después usar el que resultara con mayor ajuste. Los modelos analizados fueron el lineal,

geométrico y logarítmico. El análisis de los modelos se hizo también para cada uno de los casos de pérdidas, o sea por tocón, despunte y descope, y se analizaron considerándose separadamente como variables dependientes y como variables independientes al D.A.P. y al volumen total de los árboles.

Con el modelo elegido se hizo la predicción de las pérdidas totales y las pérdidas por tocón y despunte, de acuerdo al D.A.P. y al volumen total del árbol.

3.9 Reducción de la altura de apeo

Se calculó el aumento de volumen que se obtendría al dejar una altura constante de todos los tocones a 50 cm, considerando a esta altura como adecuada a las condiciones de clima tropical.

Al disminuir la altura del tocón también se redujo la altura del descope porque todas las trozas deben conservar su medida, pero se lograron fustes más gruesos sin variar su longitud. Por lo tanto, se cubió el volumen que se incrementaría en el fuste al bajar la altura de corte y se le restó el volumen que resultó de bajar la altura del descope; para ambos casos la distancia reducida fue la misma.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de las pérdidas por defectos

Los resultados de los cálculos de volumen se encuentran en el Apéndice N° 3 con un volumen total de la masa forestal de 444,067 m³; el volumen de pérdidas fue de 82,686 m³, de los cuales por trabajos de apeo y arrastre corresponden 16,25% del volumen total, esto es 72,448 m³. El volumen de pérdidas por defectos llegó solamente a 10,538 m³, o sea el 2,37% del volumen total.

De los 90 árboles muestreados sólo 8 resultaron con pérdidas por defectos y están distribuidos en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución de los defectos por árbol

Arbol N°	D.A.P. m	D.A.P. Rango cm	Vol. del defecto m ³	Tipo de defecto
27	0,64	60-69,9	0,684	Rajadura
40	0,61	60-69,9	0,173	Hueco central (pudrición)
51	0,75	70-79,9	0,450	Hueco central (pudrición)
52	1,09	100-109,9	3,771	Hueco central (pudrición)
56	1,08	100-109,9	2,047	Desgarramiento por rama con pudrición
57	0,97	90-99,9	0,916	Dos nudos con pudrición
63	0,80	80-89,9	2,205	Troza muy sinuosa
68	0,60	60-69,9	0,292	Rajadura
Volumen total por defectos			10,538	

Para formarse una mejor idea de las pérdidas por defectos y apreciar las pérdidas en m^3 por rangos de D.A.P. y tipo de defecto, se agrupó a éstos en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución de los defectos por rango de D.A.P. y por tipo de defecto

D.A.P. Rangos cm	Cantidad de árboles	Pudriciones	Rajaduras	Sinuosidad	Volumen m^3
50- 59,9	-	-	-	-	-
60- 69,9	3	0,173 (1)	0,976 (2)	-	1,149
70- 79,9	1	0,450	-	-	0,450
80- 89,9	1	-	-	2,205	2,205
90- 99,9	1	0,916	-	-	0,916
100-109,9	2	5,818	-	-	5,818
110-119,9	-	-	-	-	-
Totales	8	7,357	0,976	2,205	10,538

Como puede apreciarse en el Cuadro 3, las pérdidas por defectos tuvieron su mayor índice en las pudriciones; cinco de los ocho árboles defectuosos se encontraron atacados por este defecto. Para poder apreciar esta característica se expresaron en porcentaje cada uno de los tipos de defectos de acuerdo al volumen de pérdidas, que fue de $82,686 m^3$ (Cuadro 4).

Cuadro 4. Pérdidas de cada tipo de defecto de acuerdo al volumen de pérdidas totales. (82,686 m³ = 100 %)

Pérdidas por tipo de defecto	m ³	%
Pudriciones	7,357	8,90
Rajaduras	0,976	1,18
Sinuosidad	2,205	2,66
Pérdidas por defectos	10,538	12,74

Las pudriciones ocasionaron más daño en las pérdidas por defectos, comparando a éstas con el volumen total, la importancia de los defectos se reduce.

Cuadro 5. Pérdidas por defectos de acuerdo al volumen total

Tipo de volumen	m ³	%
Volumen total	444,067	100,00
Pérdidas totales	82,686	18,62
Pérdidas por defectos	10,538	2,37
Diferencia de volumen de pérdidas	72,148	16,26

En el Cuadro 5 se observa que el porcentaje de pérdidas por la explotación del bosque es de 18,62%, correspondiendo a defectos solamente el 2,37% y el resto, o sea 16,25%, corresponde a pérdidas

Cuadro 6. Matriz de correlación lineal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,000	0,876	0,429	0,433	0,481	0,485	0,590	0,284	0,972	0,355	0,380	0,407	0,362
2	1,000	0,598	0,604	0,636	0,648	0,730	0,396	0,162	0,483	0,520	0,558	0,505
3	1,000	0,984	0,990	0,968	0,960	0,856	0,216	0,697	0,924	0,944	0,661
4	1,000	0,975	0,959	0,948	0,839	0,252	0,716	0,899	0,925	0,674
5	1,000	0,982	0,967	0,847	0,206	0,691	0,923	0,943	0,660
6	1,000	0,955	0,851	0,216	0,694	0,925	0,943	0,650
7	1,000	0,765	0,225	0,703	0,900	0,929	0,688
8	1,000	0,189	0,624	0,878	0,365	0,482
9	1,000	0,841	0,149	0,272	0,272
10	1,000	0,628	0,726	0,826
11	1,000	0,982	0,533
12	1,000	0,681
13	1,000

consecuencia del trabajo de apeo y arrastre de los fustes en la explotación, ocasionadas por el tocón, el despunte y el descope.

4.2 Análisis de las pérdidas totales

De acuerdo a los valores de (r) de la matriz de correlación lineal (Cuadro 6), se obtuvo el porcentaje de asociación de las variables X_{12} (volumen total) y X_5 (D.A.P.), contra las variables X_{13} (pérdidas totales), X_7 (tocón), X_8 (despunte) y X_9 (descope), como se representan en los Cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. Asociación de pérdidas con el volumen total de los árboles

(X_{12}) Volumen total de los árboles		r	% asoc.	Interpre- tación
(X_{13})	Volumen total de pérdidas	0,681	46,37	Media
(X_7)	Tocón	0,929	86,30	Muy fuerte
(X_8)	Despunte	0,865	74,82	Fuerte
(X_9)	Descope	0,272	07,39	Baja

Cuadro 8. Asociación de pérdidas con el D.A.P.

X ₅ Diámetro a la altura del pecho		r	% asoc.	Interpre- tación
(X ₁₃)	Volumen total de pérdidas	0,660	43,56	Media
(X ₇)	Tocón	0,967	93,50	Muy fuerte
(X ₈)	Despunte	0,847	71,74	Fuerte

4.2.1 Predicción de las pérdidas totales

De todas las variables la única que tuvo baja asociación fue la variable de pérdidas por descope (Cuadros 7 y 8); esto se debe a que de las 90 muestras tomadas solamente en 35 se encontraron pérdidas de este tipo. Con el resto de las variables se probaron los modelos lineal, geométrico y logarítmico, resultando con mejor ajuste el último, de donde resulta que la tendencia de las pérdidas varía en tasa logarítmica dependiendo del volumen total. Usando el modelo logarítmico se hicieron las predicciones de las pérdidas.

A. La ecuación logarítmica

De la predicción del modelo logarítmico para pérdidas totales resultó la siguiente ecuación:

$$y = 0,2941 + (X_1 \cdot 0,711210) + (X_2 \cdot 0,290305)$$

Con los parámetros calculados se formuló la tabla de predicciones para pérdidas totales. A la variable X₁ (volumen total) se le dieron valores a intervalos de 0,5 m³, partiendo desde 0,5 m³ hasta

20 m³ y a la variable X_2 (D.A.P.) se le dieron valores a intervalos de 0,5 m, partiendo desde 0,40 m hasta 1,25 m (Apéndice N° 4).

Con la tabla anterior se cumplió con el objetivo del trabajo, pero para conocer el tipo de pérdida que incidía más en las pérdidas totales, se hizo el siguiente análisis de proporción:

Cuadro 9. Relación proporcional de pérdidas

Tipo de pérdida	m ³	%
Tocón	33,661	40,71
Despunte	17,833	21,57
Descope	20,654	24,98
Defectos	10,538	12,74
Pérdidas totales	82,686	100,00

Del Cuadro 9 resultó que el mayor volumen de pérdidas fue ocasionado por el tocón. Para la predicción de las pérdidas por tocón se utilizó el mismo sistema anterior, que consistió en probar los modelos lineal, geométrico y logarítmico, y utilizando el logarítmico por haber resultado con mayor ajuste.

4.2.2 Predicción de las pérdidas por tocón

A. La ecuación logarítmica

De la predicción del modelo logarítmico para pérdidas por tocón resultó la siguiente ecuación:

$$y = 0,6876 + (X_1 \cdot 0,045125) + (X_2 \cdot 2,292490)$$

La tabla de predicción se formuló con los parámetros anteriores y los valores que se dieron a las variables X_1 (volumen total) y X_2 (D.A.P.) fueron los mismos usados en la anterior predicción de pérdidas totales (Apéndice 5).

4.2.3 Predicción de las pérdidas por despunte

Se incluyeron también las predicciones de pérdidas por despunte y, como en las predicciones anteriores, se utilizó el mismo sistema y el mismo valor para las variables X_1 (volumen total) y X_2 (D.A.P.).

A. La ecuación logarítmica

De la predicción del modelo logarítmico para pérdidas por despunte, resultó la siguiente ecuación:

$$y = 0,1464 + (X_1 \cdot 0,364762) + (X_2 \cdot 0,847417)$$

La tabla de predicciones aparece en el Apéndice N° 6.

4.2.4 Pérdidas por descope

Para las pérdidas por descope se utilizó a los 35 árboles afectados con esta pérdida como número total de muestras, esperando así obtener un mejor porcentaje de asociación. Se probaron los modelos ya mencionados y los datos no se ajustaron a ninguno de los modelos, por lo tanto, la tabla de pérdidas por descope que se elaboró no resultó confiable y, además, se tendría que suponer que todos los árboles de la población tienen pérdidas por descope. La tabla no se incluyó en el trabajo.

4.2.5 Reducción de la altura de apeo

Como ya se había dicho, la fábrica de contrachapado no acepta trozas menores de 9 pies de largo, por lo que todas las pérdidas por descope deberían ser menores de 9 pies. Se pensó que al disminuir la altura del corte se lograría aumentar el largo del fuste aprovechable y así se podría completar una troza más, siempre y cuando la pérdida por descope estuviera cerca de los 9 pies de largo. Para esto se comparó la altura del tocón y el largo de la troza sobrante en los 35 árboles afectados con pérdidas por descope, en ninguno de los casos se logró completar una troza más de 9 pies de largo al disminuir la altura del tocón. Sin embargo, se encontró que en 8 de los 35 casos, la longitud de la troza sobrante fue mayor de 9 pies y, en 4 casos fue superior a 2 trozas, aun así fueron abandonadas en el bosque.

Al reducir la altura de apeo a una longitud constante de 50 cm se lograría, para toda la muestra, aumentar el volumen aprovechable en $12,744 \text{ m}^3$, aumentando así las pérdidas por descope en $4,907 \text{ m}^3$. La diferencia de estos volúmenes es de $7,837 \text{ m}^3$ y corresponden al volumen aumentado al fuste comercial, o sea que con esta operación se reducen las pérdidas en 9,5%.

5. DISCUSION

Las cantidades de volumen de pérdidas por defectos resultaron bajas, 2,37% sobre el volumen total se considera de muy poca importancia en las pérdidas de volumen.

La pérdidas de volumen por defectos, además de ser bajas, se encontraron repartidas en muy pocos individuos; de 90 árboles, solamente 8 resultaron afectados, confirmándose así la poca importancia que reside en los defectos. De los ocho árboles afectados cinco fueron por pudriciones, ocasionando el defecto de "corazón negro", mayor pérdida por árbol. El hecho de que a las pudriciones correspondiera la mayor parte de los defectos se debe al medio ambiente en el que se desarrolla el Cativo, donde la alta humedad y temperatura favorecen a los hongos causantes de pudriciones; por este hecho, su control resulta difícil aunque es de poca importancia económica.

En los dos casos que se presentaron rajaduras, lo más probable es que se debe al mal cuidado en el trabajo de apeo; sin embargo, también es posible que la rajadura esté presente sin notarse y con el golpe de la caída se manifieste. El caso de defecto por sinuosidad fue motivo de un solo árbol cuyo fuste, después de crecer recto hasta media altura, continuó creciendo en forma caprichosa y su causa no fue identificada en el presente estudio.

Como las pérdidas totales fueron de 18,62%, las causadas por defectos 2,37%, o sea que la mayor parte de pérdidas (16,25%) fueron

causadas por las labores de explotación que corresponden a pérdidas por tocón, despunte y descope. Las pérdidas por tocón y despunte se presentaron constantes en todos los árboles; en cambio por descope fueron en forma irregular.

El mayor volumen de pérdidas, esto es 7,58% fue ocasionado por el tocón, debido a que esta operación afecta a la parte más voluminosa del fuste. Aunque el tocón es una pérdida constante en la utilización de cualquier árbol, en la presente investigación las pérdidas fueron mayores por el descuido del operador de la motosierra al cortar los árboles a la altura que le fue más cómoda, sin considerar el volumen que podría aumentar en el fuste aprovechable al disminuir la altura de corte.

Las pérdidas por despunte, 4,02%, son consecuencia de la faena de arrastre de los fustes, siendo necesaria esta operación para que los fustes se deslicen fácilmente sobre los obstáculos del camino. Como en el caso del tocón, las pérdidas por despunte fueron aumentadas por el operador de la motosierra que efectuó el trabajo de la manera más cómoda, sin preocuparse del volumen que estaba disminuyendo; trataba de hacerle la punta al fuste con el menor número de cortes posibles, aumentando el tamaño de los cortes. También influyó en esta pérdida el hecho de que el despunte siempre se efectuaba en la parte más gruesa del fuste, ya que la más delgada quedaba entre las ramas que dificultaban el acceso al tractor y porque el apeo del árbol siempre se efectuaba de manera que la base quedara en la dirección del camino de arrastre para no bloquearlo.

Las pérdidas por descope, 4,65%, fueron originadas cuando el corte del final de la última troza se efectuó antes de la altura comercial, considerando a ésta en la primera bifurcación gruesa o a determinado diámetro mínimo. Este tipo de pérdidas depende en las explotaciones de la finalidad a la que se destinará la madera. En el presente estudio las trozas menores de 9 pies se consideraron sin utilidad, sin embargo, podrían usarse para aserrío. Se tiene además el problema de que el arrastre es más ventajoso con fustes completos, y para el transporte, como se efectúa por agua, es más práctico y económico hacerlo con secciones de varias trozas; en algunos casos (12 para este trabajo) se dejaron trozas mayores de 9 pies de largo porque el maderero trabaja igual arrastrando estas trozas o las de la base del árbol, que por ser más gruesas producen más con el mismo trabajo.

Las pérdidas por descope ocurrieron en el 75% de los casos cuando el arrastre se efectuó con un tractor chico (D4). Como a mayor diámetro del árbol, existe mayor peso y mayor longitud de fuste, el maderero descontaba una parte del extremo final del fuste para obtener lo siguiente:

- A. Mayor producción con el mismo trabajo.
- B. Lograr que el peso del fuste no fuera mayor que el peso del tractor, reduciendo así la frecuencia de arrastre el fuste con el malacate y aumentando la rapidez del arrastre.
- C. Reducir las dificultades de los obstáculos en las curvas del camino cuando el fuste es muy largo.

- D. Evitar que el tractor patine en el lodo y se hunda, deteriorando el camino, y evitar abrir otro camino nuevo de arrastre.

En el presente estudio la explotación se llevó a cabo utilizando la motosierra para el apeo y troceo, y tractor para el arrastre de fustes completos; el resultado fue de 16,25% de pérdidas por explotación. Alvarez (2) indica que por los trabajos de explotación en Alnus jorulensis se pierde el 16% del volumen cuando la operación se hace troceando con hacha y arrastrando trozas de 9-11 pies de largo con bueyes; sin embargo, hay que notar la gran diferencia de los rodales comparados: el Cativo se desarrolla en un medio de temperatura y precipitación extremadamente altas dando dificultades a su utilización, no así el Alnus que se encuentra de 1500 a 2200 m de altura en Costa Rica y cercanamente a los centros de consumo; por este análisis se deduce que las pérdidas totales por explotación en Cativo, 18,62%, no son muy altas.

El volumen aprovechable se puede aumentar en 2,2% y las pérdidas se pueden reducir en 9,5% si se baja la altura de apeo a 50 cm. Como las trozas deben conservar su longitud, lo que se logra con esto es situarlas en las partes más bajas y más gruesas del tronco y así aumentar sus diámetros. Con esta operación también se baja la altura del descope y se aumenta este tipo de pérdida, pero como el tocón ocupa la parte más gruesa del árbol, la diferencia resulta provechosa.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este estudio se ha efectuado el análisis de las pérdidas por explotación y defectos en un bosque tropical de Cativo (Prioria copai-fera Griseb). El bosque está comprendido dentro de la formación de bosque muy húmedo tropical, según la clasificación de Holdridge y está situado al Norte de la costa Atlántica de Costa Rica.

El trabajo de campo se realizó en el momento de la explotación del bosque; se tomaron al azar 90 árboles que se midieron directamente después del apeo, se hizo la cubicación de los árboles para obtener los siguientes volúmenes: volumen de pérdidas por tocón, despunte, descope y defectos, además el volumen comercial y el total.

Las pérdidas se analizaron como porcentaje del volumen de los árboles y del volumen de pérdidas. El volumen de los árboles fue de 444,06 m³ y el volumen de pérdidas fue de 82,68 m³ o sea 18,62% de los cuales corresponden por trabajos de explotación 72,14 m³ (16,25%) y por defectos 10,538 m³ (2,37%).

Los defectos encontrados fueron pudrición, rajadura y sinuosidad. De los 90 árboles muestreados solamente 8 resultaron atacados con defectos, encontrándose con más frecuencia el defecto de pudrición.

Para el análisis de las pérdidas totales se efectuó una correlación lineal con todos los volúmenes obtenidos incluyendo al D.A.P. Se establecieron ecuaciones de regresión relacionando al volumen total y al D.A.P. con las diferentes clases de pérdidas, y se probaron los

modelos lineal, geométrico y logarítmico, resultando el último con mayor ajuste. Con las ecuaciones logarítmicas obtenidas se construyó una tabla de predicción de las pérdidas totales, se agregaron además las tablas correspondientes a las pérdidas ocasionadas por tocón y despunte.

Las pérdidas de volumen por defecto además de ser bajas resultaron repartidas en muy pocos individuos.

Las pérdidas por tocón y despunte se presentaron constantes en todos los árboles; en cambio, por descope fueron en forma irregular.

El mal sistema de trabajo de explotación en este bosque, incrementó las pérdidas de tocón y despunte.

Los volúmenes de los tocones son los que ocasionan más pérdidas en el trabajo de explotación.

Reduciendo la altura de apeo a 50 cm se disminuyen las pérdidas en 9,5%; esto equivale a un aumento de 2,2% en el volumen aprovechable.

6a. SUMMARY AND CONCLUSIONS

This study dealt with analyses of timber losses during exploitation, and natural defects in a tropical forest of Catico (Prioria copaifera Griseb). The research was conducted in a forest of the very humid tropical forest formation, according to Holdridge's ecological classification, on the northern Atlantic Coast of Costa Rica.

Field work was realized at the time of forest exploitation. Ninety standing trees were selected at random. Diameter and height measurements were taken on various parts of these trees after they were felled. Subsequently, the following volumes were calculated from the field data: losses per stump, losses due to pointing of one end of the trunk for skidding, topping and natural defects, commercial volume and total volume.

The losses were analyzed as a percentage of the total volume and the volume of actual losses. The total tree volume measured was $444,06 \text{ m}^3$ and the volume of losses was $82,68 \text{ m}^3$, or 18.62%. Losses due to exploitation were $72,14 \text{ m}^3$ or 16,25% and due to natural defects $10,54 \text{ m}^3$ or 2.37%.

Defects encountered were caused by rot, splitting and curvature of the trunk. Of the 90 trees sampled only 8 showed defects, consisting principally of rot.

For analyses of the total losses, linear correlation analyses were used on all volumes measured, including those at d.b.h. Regression analyses equations were obtained for the total volume at d.b.h.

for all types of losses. Geometric, logarithmic, and linear models were tested; the logarithmic model was most applicable. A volume table for determining the volumes lost due to total losses as well as losses due to stumps and pointing was constructed based on the logarithmic equations.

The volume losses per defect, besides being low, were distributed only in a very few trees.

Stump and pointing losses were constant in all trees, in contrast to topping losses, which were irregular.

Poor exploitation methods in this forest added greatly to the normal stump and pointing losses.

The highest losses were due to stump volumes during exploitation.

Reducing the felling height to 50 cm the losses are decreased 9.5 per cent; this amounts to 2.2 per cent in the merchantable volume.

7. LITERATURA CITADA

1. ALONSO MESA, C. A. Estudio de la regeneración natural de las zonas explotadas de los bosques pantanosos de la costa sur del Pacífico en Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 80 p.
2. ALVAREZ VALLE, H. Estudio forestal del "Jaul" Alnus jorulensis H.B.K. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. 87 p.
3. BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. X. Medición forestal. Trad. del Inglés por Ramón Palazón y José Meza Nieto. México, D.F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1965. 474 p.
4. BUCKLE, D. H. La explotación maderera en los bosques tropicales del Africa occidental. *Unasylva* 13(1):3-11. 1959.
5. BUDOWSKI, G. La identificación en el campo de los árboles forestales más importantes de la América Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. 326 p.
6. _____. Las zonas de vida en América Central. Usos y abusos en el aprovechamiento de los recursos naturales renovables. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, s.f. 14 p. (mimeografiado)
7. BURGAN, R. E. et al. Guide to log defect indicators in koa, ohia preliminary rules for volume deductions. Berkeley, California, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1971. 4 p.
8. COSTA RICA. PROYECTO DE DESARROLLO FORESTAL DE ZONAS SELECTAS. Informe técnico. San José, 1967. v.1, pp. 81-82.
9. EDWARDSON, T. E. Report to the government of Surinam on a proposed forest inventory in the selected areas of the accessible high forest belt of western Surinam. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Report no. 2087, 1965. 67 p.

10. EISENHAUER, G. Planificación de la tala, arrastre y transporte de la madera en bosques tropicales. In Seminario Utilización de Bosques Tropicales en Latinoamérica, Bogotá, 1969. Documentación. Bogotá, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables, 1969. pp. 70-79.
11. ESPINOZA A., E. La industrialización de los recursos forestales en el sureste de México. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. 5 p.
12. FORBES, R. D. Forest measurements. In _____ ed. Forestry handbook. New York, Ronald Press, 1956. pp. 1.61-1.99.
13. FOX, J. E. D. Defect, damage and wastage. *Malayan Forester* 31(3):157-164. 1968.
14. GARRIDO F., L. M. Algunos aspectos económicos de la industria maderera de la costa Pacífica de Nariño, Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1970. 98 p.
15. HOLDRIDGE, L. R. La vegetación de Costa Rica. In Costa Rica. Dirección General de Estadística y Censos. Atlas Estadístico de Costa Rica. San José, Casa Gráfica, 1953. pp. 32-33.
16. _____. Mapa ecológico de Costa Rica, A.C. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1959. Escala 1:1,000,000.
17. HUNTER, J. R. Una nueva guía para el planeamiento del uso de la tierra en los trópicos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Materiales de Enseñanza de Café y Cacao no. 15. 1959. 33 p.
18. IJJASZ, E. La influencia de los nudos en la calidad de la madera y métodos para disminuirlos. *Caribbean Forester* 18(3-4):88-97. 1957.
19. LOCKARD, C.R., PUTNAM, J. A. y CARPENTER, R. D. Grade defects in hardwood timber and logs. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook no. 244. 1963. 39 p.

20. MAYO MELLENDEZ, E. Algunas características ecológicas de los bosques inundables de Darién, Panamá, con miras a su posible utilización. *Turrialba* 15(4):336-347. 1965.
21. NICHOLSON, D. I. An analysis of logging damage in tropical rain forest, North Borneo. *Malayan Forester* 21(4):233-245. 1958.
22. SANTOS, T. A. y SERNA, C. B. Extent of defects in logs cut from the Philippine old growth dipterocarp forests. *Philippine Luberm* 15(3):26-28. 1969.
23. STEINLIN, H. Requisitos técnicos para la creación de industrias madereras. *In Seminario Utilización de Bosques Tropicales en Latinoamérica*, Bogotá, 1969. Documentación. Bogotá, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables, 1969. pp. 35-46.
24. TREJOS, A. Tecnificación del manejo de los bosques. *Agricultor Costarricense* 26(10):302-307. 1968.
25. VIDAL, J. J. y CONSTANTINO, I. N. Iniciación a la ciencia forestal. Barcelona, Salvat, 1959. 547 p.
26. VINK, A. T. Forestry in Surinam. Surinam, Forestry Service, Department Development, 1970. 97 p.
27. WACKERMAN, A. E., HAGENSTEIN, W. D. y MICHELL, A. S. Harvesting timber crops. 2nd. New York, McGraw-Hill, 1966. 540 p.

APENDICES

A P E N D I C E 3

VOLUMENES DE PERDIDAS, COMERCIAL Y TOTAL

NUMERO DE ARROL	ALTURA DEL TOCON	RANGO DE ALTURA DEL TOCON	DIAMETRO DEL TOCON	RANGO DE DIAMETRO DEL TOCON	RANGO DE D.A.P.	VOLUMEN DEL TOCON	VOLUMEN DEL DESPUNTE	VOLUMEN DEL DESCOPE	VOLUMEN DE PERDIDAS POR TRABAJO	VOLUMEN COMERCIAL	VOLUMEN TOTAL	VOLUMEN DE PERDIDAS	
	M	M	M	M	M	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	
1.	0.800	0.850	0.690	0.650	0.670	0.650	0.299	0.145	0.000	0.444	2.953	3.397	0.444
2.	0.700	0.750	0.540	0.550	0.510	0.550	0.160	0.086	0.466	0.712	0.893	1.605	0.712
3.	0.550	0.550	0.660	0.650	0.590	0.550	0.188	0.065	0.217	0.490	2.427	2.917	0.490
4.	0.600	0.650	0.610	0.650	0.530	0.550	0.175	0.108	0.000	0.283	1.670	1.953	0.283
5.	0.800	0.850	0.720	0.750	0.700	0.750	0.326	0.326	0.000	0.652	4.545	5.197	0.652
6.	0.700	0.750	0.640	0.650	0.580	0.550	0.225	0.119	0.238	0.582	1.802	2.384	0.582
7.	0.650	0.650	0.620	0.650	0.590	0.550	0.196	0.117	0.000	0.313	1.421	1.734	0.313
8.	0.600	0.650	0.630	0.650	0.590	0.550	0.187	0.119	0.000	0.306	2.382	2.688	0.306
9.	0.700	0.750	0.630	0.650	0.530	0.550	0.155	0.088	0.145	0.388	1.844	2.232	0.388
10.	0.600	0.650	0.600	0.650	0.580	0.550	0.170	0.111	0.619	0.900	1.217	2.717	0.900
11.	0.750	0.750	0.710	0.750	0.640	0.650	0.297	0.156	0.000	0.453	2.297	2.750	0.453
12.	0.650	0.650	0.570	0.650	0.520	0.550	0.166	0.098	0.000	0.264	1.291	1.555	0.264
13.	0.600	0.650	0.570	0.650	0.520	0.550	0.153	0.097	0.000	0.250	1.324	1.574	0.250
14.	0.600	0.650	0.460	0.650	0.430	0.550	0.100	0.042	0.466	0.648	0.671	1.319	0.648
15.	0.850	0.850	0.820	0.850	0.810	0.850	0.257	0.119	0.000	0.376	1.872	2.248	0.376
16.	0.600	0.650	0.740	0.750	0.660	0.650	0.258	0.169	0.000	0.427	3.662	4.090	0.427
17.	1.700	1.050	0.610	0.650	0.650	0.650	0.496	0.111	0.000	0.607	2.440	3.047	0.607
18.	0.650	0.650	0.710	0.750	0.650	0.650	0.257	0.154	0.000	0.411	2.348	2.759	0.411
19.	0.700	0.750	0.690	0.650	0.650	0.650	0.262	0.143	0.000	0.405	2.782	3.187	0.405
20.	0.700	0.750	0.720	0.750	0.670	0.650	0.285	0.156	0.000	0.441	1.485	1.926	0.441
21.	0.700	0.750	0.650	0.650	0.610	0.650	0.232	0.125	0.000	0.357	2.091	2.448	0.357
22.	0.700	0.750	0.570	0.650	0.510	0.550	0.178	0.095	0.000	0.272	1.462	1.734	0.272
23.	0.700	0.750	0.610	0.650	0.560	0.550	0.204	0.108	0.000	0.312	1.351	1.663	0.312
24.	0.850	0.850	0.870	0.850	0.860	0.850	0.299	0.141	0.000	0.440	2.506	2.946	0.440
25.	0.600	0.650	0.530	0.550	0.500	0.550	0.133	0.085	0.000	0.218	1.124	1.342	0.218
26.	0.600	0.650	0.730	0.750	0.670	0.650	0.251	0.160	0.000	0.411	2.788	3.199	0.411
27.	0.600	0.650	0.720	0.750	0.640	0.650	0.264	0.150	0.270	0.684	2.364	2.732	0.684
28.	0.600	0.650	0.660	0.650	0.590	0.550	0.205	0.131	0.159	0.495	2.298	2.793	0.495
29.	0.600	0.650	0.550	0.650	0.500	0.550	0.142	0.093	0.000	0.235	2.245	2.480	0.235
30.	0.700	0.750	0.690	0.650	0.670	0.650	0.262	0.150	0.000	0.412	2.275	2.687	0.412
31.	0.700	0.750	0.760	0.750	0.690	0.650	0.318	0.168	0.000	0.486	2.238	2.724	0.486
32.	0.600	0.650	0.620	0.650	0.560	0.550	0.181	0.112	0.332	0.626	1.080	1.706	0.626
33.	0.700	0.750	0.750	0.750	0.710	0.750	0.309	0.170	0.000	0.479	3.502	3.981	0.479
34.	0.700	0.750	0.730	0.750	0.660	0.650	0.292	0.156	0.000	0.449	2.572	3.021	0.449
35.	0.600	0.650	0.630	0.650	0.620	0.650	0.187	0.125	0.405	0.717	2.255	2.972	0.717
36.	0.550	0.550	0.520	0.550	0.510	0.550	0.117	0.082	0.500	0.699	0.925	1.624	0.699
37.	0.900	0.950	0.650	0.650	0.640	0.650	0.299	0.131	0.000	0.430	2.022	2.452	0.430
38.	0.600	0.650	0.540	0.550	0.490	0.550	0.137	0.085	0.059	0.281	1.143	1.424	0.281
39.	0.650	0.650	0.650	0.650	0.590	0.550	0.216	0.123	0.126	0.465	1.631	2.096	0.465
40.	0.600	0.650	0.650	0.650	0.610	0.650	0.199	0.129	0.556	0.884	1.239	2.123	0.884
41.	0.600	0.650	0.550	0.550	0.510	0.550	0.142	0.092	0.215	0.449	1.293	1.742	0.449
42.	0.500	0.550	0.710	0.750	0.198	0.650	0.198	0.148	0.000	0.346	3.288	3.634	0.346
43.	0.700	0.750	0.690	0.650	0.640	0.650	0.262	0.143	0.290	0.695	1.892	2.587	0.695
44.	0.600	0.650	0.580	0.650	0.540	0.550	0.158	0.102	0.116	0.376	1.810	2.186	0.376
45.	0.700	0.750	0.700	0.750	0.670	0.650	0.269	0.150	0.000	0.419	3.404	3.823	0.419
46.	0.700	0.750	0.760	0.750	0.710	0.750	0.318	0.174	0.177	0.669	2.933	3.602	0.669
47.	0.700	0.750	1.250	1.150	1.230	1.150	1.000	0.540	0.000	1.540	14.637	16.177	1.540
48.	0.600	0.650	0.610	0.650	0.580	0.550	0.175	0.113	0.000	0.288	2.149	2.437	0.288
49.	0.600	0.650	0.700	0.750	0.640	0.650	0.231	0.147	0.000	0.378	2.716	3.094	0.378
50.	0.600	0.650	0.610	0.650	0.550	0.550	0.175	0.115	0.244	0.534	1.950	2.484	0.534
51.	0.700	0.750	0.810	0.850	0.750	0.750	0.360	0.192	0.450	0.962	2.613	3.575	0.962
52.	0.900	0.950	1.160	1.150	1.090	1.050	0.951	0.254	0.100	1.205	9.150	14.126	4.974
53.	0.900	0.950	1.180	1.150	1.110	1.150	0.984	0.412	0.000	1.396	13.857	15.253	1.396
54.	0.700	0.750	1.090	1.050	1.010	1.050	0.653	0.607	0.916	2.176	12.983	15.159	2.176
55.	0.700	0.750	0.900	0.950	0.810	0.850	0.445	0.345	1.696	2.485	3.272	5.758	2.485
56.	0.900	0.950	1.160	1.150	1.080	1.050	0.951	0.206	1.792	2.949	7.391	12.340	2.949
57.	0.900	0.950	1.040	1.050	0.970	0.950	0.764	0.318	0.000	1.082	7.619	8.701	1.082
58.	0.850	0.850	0.820	0.850	0.770	0.750	0.449	0.224	0.947	1.628	4.741	6.369	1.628
59.	0.900	0.950	1.000	1.050	0.930	0.950	0.706	0.293	1.248	2.247	5.915	8.162	2.247
60.	0.950	0.950	1.020	1.050	0.960	0.950	0.776	0.270	0.327	1.372	4.394	5.767	1.372
61.	0.900	0.950	1.120	1.150	1.050	1.050	0.886	0.370	0.317	1.572	8.842	10.414	1.572
62.	0.850	0.850	0.820	0.850	0.670	0.650	0.449	0.198	0.703	1.350	2.865	4.215	1.350
63.	0.900	0.950	0.870	0.850	0.800	0.850	0.535	0.256	0.000	0.801	3.591	4.392	0.801
64.	1.000	1.050	0.970	0.950	0.870	0.850	0.739	0.200	0.000	0.939	7.464	8.403	0.939
65.	0.900	0.950	1.160	1.150	1.100	1.150	0.951	0.212	0.000	1.164	9.670	10.834	1.164
66.	0.750	0.750	1.060	1.050	0.990	0.950	0.661	0.344	0.000	1.005	8.522	9.527	1.005
67.	0.750	0.750	1.060	1.050	1.000	1.050	0.661	0.454	0.000	1.115	10.930	12.045	1.115
68.	0.800	0.850	0.640	0.650	0.600	0.650	0.258	0.151	1.270	1.679	2.970	4.649	1.679
69.	0.800	0.850	0.720	0.750	0.640	0.650	0.326	0.182	0.000	0.506	2.816	3.322	0.506
70.	0.850	0.890	0.960	0.950	0.930	0.950	0.615	0.315	0.000	0.930	5.963	6.893	0.930
71.	0.750	0.750	0.730	0.750	0.710	0.750	0.313	0.224	0.000	0.537	4.241	4.778	0.537
72.	0.700	0.750	0.640	0.650	0.600	0.650	0.225	0.181	0.000	0.406	2.728	3.134	0.406
73.	0.700	0.750	0.620	0.650	0.610	0.650	0.211	0.178	0.000	0.389	2.710	3.099	0.389
74.	0.800	0.850	0.900	0.950	0.830	0.850	0.308	0.294	0.000	0.602	6.180	6.782	0.602
75.	0.750	0.750	0.650	0.650	0.600	0.650	0.249	0.169	0.000	0.418	2.000	2.418	0.418
76.	0.750	0.750	0.850	0.850	0.800	0.850	0.425	0.294	0.000	0.719	5.136	5.855	0.719
77.	0.700	0.750	0.670	0.650	0.590	0.550	0.246	0.187	0.000	0.433	1.949	2.382	0.433
78.	0.750	0.750	0.830	0.850	0.700	0.750	0.406	0.255	0.000	0.661	5.841	6.502	0.661
79.	0.500	0.550	0.630	0.650	0.550	0.550	0.156	0.219	0.000	0.375	1.438	1.813	0.375
80.	0.750	0.750	0.970	0.950	0.870	0.850	0.554	0.366	0.000	0.920	6.574	7.494	0.920
81.	0.750	0.750	1.170	1.150	1.070	1.050	0.806	0.543	0.000	1.349	12.388	13.737	1.349
82.	0.900	0.950	1.060	1.050	0.970	0.950	0.794	0.324	2.525	3.643	9.234	12.877	3.643
83.	0.800	0.850	1.140	1.150	1.020	1.050	0.816	0.459	0.872	2.147	13.854	16.001	2.147
84.	1.000	1.050	1.170	1.150	1.100	1.150	1.075	0.304	0.000	1.379	14.312	15.691	1.379
85.	0.900	0.950	0.870	0.850									

TABLA DE PREDICCIÓN DE PERDIDAS TOTALES

	DIAMETRO A LA ALTURA DEL PECHO EN METROS																	
	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25
0.5	0.142	0.146	0.151	0.154	0.158	0.161	0.165	0.168	0.171	0.174	0.176	0.179	0.182	0.184	0.187	0.189	0.191	0.193
1.0	0.233	0.240	0.247	0.253	0.259	0.265	0.270	0.275	0.280	0.285	0.289	0.294	0.298	0.302	0.306	0.310	0.313	0.317
1.5	0.311	0.320	0.329	0.338	0.346	0.353	0.360	0.367	0.374	0.380	0.386	0.392	0.398	0.403	0.408	0.413	0.418	0.423
2.0	0.381	0.393	0.404	0.415	0.424	0.434	0.442	0.451	0.459	0.466	0.474	0.481	0.488	0.495	0.501	0.507	0.513	0.519
2.5	0.447	0.461	0.474	0.486	0.497	0.508	0.519	0.528	0.538	0.547	0.555	0.564	0.572	0.580	0.587	0.594	0.602	0.608
3.0	0.509	0.525	0.540	0.553	0.566	0.579	0.590	0.602	0.612	0.623	0.632	0.642	0.651	0.660	0.669	0.677	0.685	0.693
3.5	0.568	0.586	0.602	0.618	0.632	0.646	0.659	0.671	0.683	0.695	0.706	0.716	0.727	0.736	0.746	0.755	0.764	0.773
4.0	0.625	0.644	0.662	0.679	0.695	0.710	0.725	0.738	0.751	0.764	0.776	0.788	0.799	0.810	0.820	0.831	0.841	0.850
4.5	0.679	0.700	0.720	0.739	0.756	0.772	0.788	0.803	0.817	0.831	0.844	0.857	0.869	0.881	0.892	0.903	0.914	0.925
5.0	0.732	0.755	0.776	0.796	0.815	0.832	0.849	0.865	0.881	0.896	0.910	0.923	0.937	0.949	0.962	0.974	0.985	0.996
5.5	0.784	0.808	0.831	0.852	0.872	0.891	0.909	0.926	0.943	0.958	0.974	0.988	1.002	1.016	1.029	1.042	1.054	1.066
6.0	0.834	0.860	0.884	0.906	0.928	0.948	0.967	0.985	1.003	1.020	1.036	1.051	1.066	1.081	1.095	1.108	1.122	1.135
6.5	0.883	0.910	0.935	0.959	0.982	1.003	1.024	1.043	1.062	1.079	1.096	1.113	1.129	1.144	1.159	1.173	1.187	1.201
7.0	0.930	0.959	0.986	1.011	1.035	1.058	1.079	1.100	1.119	1.138	1.156	1.173	1.190	1.206	1.222	1.237	1.252	1.266
7.5	0.977	1.007	1.036	1.062	1.087	1.111	1.133	1.155	1.175	1.195	1.214	1.232	1.250	1.267	1.283	1.299	1.315	1.330
8.0	1.023	1.055	1.084	1.112	1.138	1.163	1.187	1.209	1.231	1.251	1.271	1.290	1.308	1.326	1.344	1.360	1.376	1.392
8.5	1.068	1.101	1.132	1.161	1.189	1.214	1.239	1.262	1.285	1.306	1.327	1.347	1.366	1.385	1.403	1.420	1.437	1.454
9.0	1.112	1.147	1.179	1.209	1.238	1.265	1.290	1.315	1.338	1.361	1.382	1.403	1.423	1.442	1.461	1.479	1.497	1.514
9.5	1.156	1.192	1.225	1.257	1.286	1.314	1.341	1.366	1.391	1.414	1.436	1.458	1.479	1.504	1.518	1.537	1.555	1.573
10.0	1.199	1.236	1.271	1.304	1.334	1.363	1.391	1.417	1.442	1.466	1.490	1.512	1.534	1.554	1.575	1.594	1.613	1.632
10.5	1.241	1.280	1.316	1.350	1.381	1.411	1.440	1.467	1.493	1.518	1.542	1.565	1.588	1.609	1.630	1.651	1.670	1.689
11.0	1.283	1.323	1.360	1.395	1.428	1.459	1.488	1.517	1.544	1.569	1.594	1.618	1.641	1.664	1.685	1.706	1.726	1.746
11.5	1.324	1.366	1.404	1.440	1.474	1.506	1.536	1.565	1.593	1.620	1.645	1.670	1.694	1.717	1.739	1.761	1.782	1.802
12.0	1.365	1.408	1.447	1.484	1.519	1.552	1.583	1.613	1.642	1.670	1.696	1.721	1.746	1.770	1.793	1.815	1.837	1.858
12.5	1.405	1.449	1.490	1.528	1.564	1.598	1.630	1.661	1.690	1.719	1.746	1.772	1.797	1.822	1.846	1.869	1.891	1.912
13.0	1.445	1.490	1.532	1.571	1.608	1.643	1.676	1.708	1.738	1.767	1.795	1.822	1.848	1.873	1.898	1.921	1.944	1.967
13.5	1.484	1.531	1.574	1.614	1.652	1.688	1.722	1.754	1.786	1.815	1.844	1.872	1.899	1.924	1.949	1.974	1.997	2.020
14.0	1.523	1.571	1.615	1.656	1.695	1.732	1.767	1.800	1.832	1.863	1.893	1.921	1.948	1.975	2.001	2.025	2.050	2.073
14.5	1.562	1.610	1.656	1.698	1.738	1.776	1.812	1.846	1.879	1.910	1.940	1.970	1.998	2.025	2.051	2.077	2.101	2.125
15.0	1.600	1.650	1.696	1.739	1.780	1.819	1.856	1.891	1.925	1.957	1.988	2.018	2.046	2.074	2.101	2.127	2.153	2.177
15.5	1.638	1.689	1.736	1.781	1.822	1.862	1.900	1.936	1.970	2.003	2.035	2.065	2.095	2.123	2.151	2.177	2.203	2.229
16.0	1.675	1.727	1.776	1.821	1.864	1.905	1.943	1.980	2.015	2.049	2.081	2.112	2.143	2.172	2.200	2.227	2.254	2.280
16.5	1.712	1.766	1.815	1.861	1.905	1.947	1.986	2.024	2.060	2.094	2.127	2.159	2.190	2.220	2.249	2.277	2.304	2.330
17.0	1.749	1.803	1.854	1.901	1.946	1.988	2.029	2.067	2.104	2.139	2.173	2.205	2.237	2.267	2.297	2.325	2.353	2.380
17.5	1.786	1.841	1.893	1.941	1.987	2.030	2.071	2.110	2.148	2.184	2.218	2.251	2.284	2.315	2.345	2.374	2.402	2.430
18.0	1.822	1.878	1.931	1.980	2.027	2.071	2.113	2.153	2.191	2.228	2.263	2.297	2.330	2.361	2.392	2.422	2.451	2.479
18.5	1.858	1.915	1.969	2.019	2.067	2.112	2.155	2.195	2.234	2.272	2.308	2.342	2.376	2.408	2.439	2.470	2.499	2.528
19.0	1.893	1.952	2.007	2.058	2.106	2.152	2.196	2.237	2.277	2.315	2.352	2.387	2.421	2.454	2.486	2.517	2.547	2.576
19.5	1.928	1.988	2.044	2.096	2.146	2.192	2.237	2.279	2.320	2.358	2.396	2.432	2.466	2.500	2.532	2.564	2.594	2.624
20.0	1.963	2.024	2.081	2.134	2.185	2.232	2.277	2.320	2.362	2.401	2.439	2.476	2.511	2.545	2.578	2.610	2.642	2.672

V O L U M E N T O S C U B I C O S

A P E N D I C E 5
T A B L A D E P R E D I C C I O N D E P E R D I D A S P O R T O C O N

	DIAMETRO A LA ALTURA DEL PECHO EN METROS																	
	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25
V 0.5	0.106	0.136	0.169	0.206	0.248	0.294	0.344	0.399	0.459	0.523	0.592	0.666	0.745	0.829	0.918	1.012	1.111	1.216
1.0	0.110	0.140	0.174	0.213	0.256	0.303	0.355	0.412	0.473	0.540	0.611	0.687	0.768	0.855	0.947	1.044	1.146	1.254
1.5	0.112	0.142	0.177	0.217	0.260	0.309	0.362	0.419	0.482	0.550	0.622	0.700	0.783	0.871	0.964	1.063	1.168	1.277
2.0	0.113	0.144	0.180	0.219	0.264	0.313	0.366	0.425	0.488	0.557	0.630	0.709	0.793	0.882	0.977	1.077	1.183	1.294
L 2.5	0.114	0.146	0.182	0.222	0.266	0.316	0.370	0.429	0.493	0.562	0.637	0.716	0.801	0.891	0.987	1.088	1.195	1.307
U 3.0	0.115	0.147	0.183	0.224	0.269	0.318	0.373	0.433	0.497	0.567	0.642	0.722	0.808	0.898	0.995	1.097	1.205	1.318
M 3.5	0.116	0.148	0.184	0.225	0.271	0.321	0.376	0.436	0.501	0.571	0.646	0.727	0.813	0.905	1.002	1.105	1.213	1.327
E 4.0	0.117	0.149	0.185	0.226	0.272	0.323	0.378	0.438	0.504	0.574	0.650	0.731	0.818	0.910	1.008	1.111	1.220	1.335
N 4.5	0.117	0.150	0.186	0.228	0.274	0.324	0.380	0.441	0.506	0.577	0.654	0.735	0.822	0.915	1.013	1.117	1.227	1.342
5.0	0.118	0.150	0.187	0.229	0.275	0.326	0.382	0.443	0.509	0.580	0.657	0.739	0.826	0.919	1.018	1.123	1.233	1.349
5.5	0.119	0.151	0.188	0.230	0.276	0.327	0.383	0.445	0.511	0.583	0.660	0.742	0.830	0.923	1.023	1.127	1.238	1.355
6.0	0.119	0.152	0.189	0.231	0.277	0.329	0.385	0.446	0.513	0.585	0.662	0.745	0.833	0.927	1.027	1.132	1.243	1.360
T 6.5	0.119	0.152	0.190	0.231	0.278	0.330	0.386	0.448	0.515	0.587	0.665	0.748	0.836	0.930	1.030	1.136	1.247	1.365
O 7.0	0.120	0.153	0.190	0.232	0.279	0.331	0.388	0.450	0.517	0.589	0.667	0.750	0.839	0.934	1.034	1.140	1.252	1.369
T 7.5	0.120	0.153	0.191	0.233	0.280	0.332	0.389	0.451	0.518	0.591	0.669	0.753	0.842	0.936	1.037	1.143	1.255	1.374
A 8.0	0.121	0.154	0.191	0.234	0.281	0.333	0.390	0.452	0.520	0.593	0.671	0.755	0.844	0.939	1.040	1.147	1.259	1.378
L 8.5	0.121	0.154	0.192	0.234	0.282	0.334	0.391	0.454	0.521	0.594	0.672	0.757	0.846	0.942	1.043	1.150	1.263	1.381
9.0	0.121	0.154	0.192	0.235	0.282	0.335	0.392	0.455	0.523	0.596	0.675	0.759	0.849	0.944	1.046	1.153	1.266	1.385
9.5	0.122	0.155	0.193	0.235	0.283	0.336	0.393	0.456	0.524	0.597	0.676	0.761	0.851	0.946	1.048	1.156	1.269	1.388
E 10.0	0.122	0.155	0.193	0.236	0.284	0.336	0.394	0.457	0.525	0.599	0.678	0.762	0.853	0.949	1.051	1.158	1.272	1.392
N 10.5	0.122	0.156	0.194	0.237	0.284	0.337	0.395	0.458	0.526	0.600	0.679	0.764	0.855	0.951	1.053	1.161	1.275	1.395
11.0	0.122	0.156	0.194	0.237	0.285	0.338	0.396	0.459	0.527	0.601	0.681	0.766	0.856	0.953	1.055	1.163	1.277	1.398
11.5	0.123	0.156	0.194	0.238	0.285	0.339	0.396	0.460	0.528	0.602	0.682	0.767	0.858	0.955	1.057	1.166	1.280	1.400
M 12.0	0.123	0.157	0.195	0.238	0.286	0.339	0.397	0.461	0.529	0.604	0.683	0.769	0.860	0.957	1.059	1.168	1.282	1.403
E 12.5	0.123	0.157	0.195	0.238	0.287	0.340	0.398	0.462	0.530	0.605	0.685	0.770	0.861	0.958	1.061	1.170	1.285	1.406
T 13.0	0.123	0.157	0.196	0.239	0.287	0.340	0.399	0.462	0.531	0.606	0.686	0.771	0.863	0.960	1.063	1.172	1.287	1.408
R 13.5	0.123	0.157	0.196	0.239	0.288	0.341	0.399	0.463	0.532	0.607	0.687	0.772	0.864	0.962	1.065	1.174	1.289	1.411
O 14.0	0.124	0.158	0.196	0.240	0.288	0.341	0.400	0.464	0.533	0.608	0.688	0.774	0.856	0.962	1.067	1.176	1.291	1.413
S 14.5	0.124	0.158	0.197	0.240	0.289	0.342	0.401	0.465	0.534	0.609	0.689	0.775	0.857	0.965	1.068	1.178	1.293	1.415
15.0	0.124	0.158	0.197	0.240	0.289	0.343	0.401	0.465	0.535	0.610	0.690	0.776	0.868	0.966	1.070	1.180	1.295	1.417
15.5	0.124	0.158	0.197	0.241	0.289	0.343	0.402	0.466	0.536	0.611	0.691	0.778	0.870	0.968	1.072	1.181	1.297	1.419
C 16.0	0.124	0.159	0.197	0.241	0.290	0.344	0.402	0.467	0.536	0.612	0.692	0.779	0.871	0.969	1.073	1.183	1.299	1.421
U 16.5	0.125	0.159	0.198	0.241	0.290	0.344	0.403	0.467	0.537	0.612	0.693	0.780	0.872	0.970	1.075	1.185	1.301	1.423
B 17.0	0.125	0.159	0.198	0.242	0.291	0.344	0.404	0.468	0.538	0.613	0.694	0.781	0.873	0.972	1.076	1.186	1.303	1.425
I 17.5	0.125	0.159	0.198	0.242	0.291	0.345	0.404	0.469	0.539	0.614	0.695	0.782	0.874	0.973	1.077	1.188	1.304	1.427
C 18.0	0.125	0.159	0.198	0.242	0.291	0.345	0.405	0.469	0.539	0.615	0.696	0.783	0.876	0.974	1.079	1.189	1.306	1.429
O 18.5	0.125	0.160	0.199	0.243	0.292	0.346	0.405	0.470	0.540	0.616	0.697	0.784	0.877	0.975	1.080	1.191	1.308	1.431
S 19.0	0.125	0.160	0.199	0.243	0.292	0.346	0.406	0.470	0.541	0.616	0.698	0.785	0.879	0.977	1.081	1.192	1.309	1.433
19.5	0.126	0.160	0.199	0.243	0.292	0.347	0.406	0.471	0.541	0.617	0.699	0.786	0.879	0.978	1.083	1.194	1.311	1.436
20.0	0.126	0.160	0.199	0.244	0.293	0.347	0.407	0.471	0.542	0.618	0.700	0.787	0.880	0.979	1.084	1.195	1.312	1.438

T A B L A D E P R E D I C C I O N D E P E R D I D A S P O R D E S P U N T E

	DIAMETRO A LA ALTURA DEL PECHO EN METROS																	
	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25
V	0.057	0.063	0.068	0.073	0.078	0.084	0.089	0.094	0.099	0.103	0.108	0.113	0.118	0.123	0.127	0.132	0.137	0.142
O	0.074	0.081	0.088	0.094	0.101	0.108	0.114	0.121	0.127	0.133	0.140	0.146	0.152	0.158	0.164	0.170	0.176	0.182
L	0.086	0.094	0.102	0.110	0.117	0.125	0.132	0.140	0.147	0.155	0.162	0.169	0.176	0.184	0.191	0.198	0.205	0.211
U	0.095	0.104	0.113	0.122	0.130	0.139	0.147	0.156	0.164	0.172	0.180	0.188	0.196	0.204	0.212	0.220	0.227	0.235
M	0.102	0.113	0.123	0.132	0.141	0.151	0.160	0.169	0.178	0.187	0.195	0.204	0.213	0.221	0.230	0.238	0.247	0.255
E	0.111	0.121	0.131	0.141	0.151	0.161	0.171	0.180	0.190	0.199	0.209	0.218	0.227	0.236	0.246	0.255	0.264	0.272
N	0.117	0.128	0.139	0.149	0.160	0.170	0.181	0.191	0.201	0.211	0.221	0.231	0.240	0.250	0.260	0.269	0.279	0.288
T	0.123	0.134	0.146	0.157	0.168	0.179	0.190	0.200	0.211	0.222	0.232	0.242	0.252	0.263	0.273	0.283	0.293	0.303
O	0.128	0.140	0.152	0.164	0.175	0.187	0.198	0.209	0.220	0.231	0.242	0.253	0.264	0.274	0.285	0.295	0.306	0.316
T	0.133	0.146	0.158	0.170	0.182	0.194	0.206	0.217	0.229	0.240	0.252	0.263	0.274	0.285	0.296	0.307	0.318	0.328
A	0.138	0.151	0.164	0.176	0.189	0.201	0.213	0.225	0.237	0.249	0.261	0.272	0.284	0.295	0.306	0.318	0.329	0.340
L	0.143	0.156	0.169	0.182	0.195	0.208	0.220	0.232	0.245	0.257	0.269	0.281	0.293	0.305	0.316	0.328	0.340	0.351
E	0.147	0.161	0.174	0.187	0.201	0.214	0.227	0.239	0.252	0.265	0.277	0.289	0.302	0.314	0.326	0.338	0.350	0.361
N	0.151	0.165	0.179	0.193	0.206	0.220	0.233	0.246	0.259	0.272	0.285	0.297	0.310	0.322	0.335	0.347	0.359	0.371
M	0.155	0.169	0.183	0.198	0.211	0.225	0.239	0.252	0.266	0.279	0.292	0.305	0.318	0.330	0.343	0.356	0.368	0.381
E	0.158	0.173	0.188	0.202	0.216	0.231	0.244	0.258	0.272	0.285	0.299	0.312	0.325	0.338	0.351	0.364	0.377	0.390
T	0.162	0.177	0.192	0.207	0.221	0.236	0.250	0.264	0.278	0.292	0.305	0.319	0.333	0.346	0.359	0.372	0.386	0.399
O	0.165	0.181	0.196	0.211	0.226	0.241	0.255	0.270	0.284	0.298	0.312	0.326	0.340	0.353	0.367	0.380	0.394	0.407
N	0.169	0.184	0.200	0.215	0.231	0.245	0.260	0.275	0.289	0.304	0.318	0.332	0.346	0.360	0.374	0.388	0.402	0.415
E	0.172	0.188	0.204	0.219	0.235	0.250	0.265	0.280	0.295	0.310	0.324	0.339	0.353	0.367	0.381	0.395	0.409	0.423
N	0.175	0.191	0.207	0.223	0.239	0.255	0.270	0.285	0.300	0.315	0.330	0.345	0.359	0.374	0.388	0.402	0.417	0.431
M	0.178	0.195	0.211	0.227	0.243	0.259	0.275	0.290	0.305	0.321	0.336	0.351	0.365	0.380	0.395	0.409	0.424	0.438
E	0.181	0.198	0.214	0.231	0.247	0.263	0.279	0.295	0.310	0.326	0.341	0.356	0.371	0.385	0.401	0.416	0.431	0.445
T	0.184	0.201	0.218	0.235	0.251	0.267	0.283	0.299	0.315	0.331	0.346	0.362	0.377	0.392	0.407	0.422	0.437	0.452
O	0.186	0.204	0.221	0.238	0.255	0.271	0.288	0.304	0.320	0.336	0.352	0.367	0.383	0.398	0.414	0.429	0.444	0.459
S	0.189	0.207	0.224	0.242	0.259	0.275	0.292	0.308	0.325	0.341	0.357	0.373	0.388	0.404	0.420	0.435	0.450	0.466
C	0.192	0.210	0.227	0.245	0.262	0.279	0.296	0.313	0.329	0.345	0.362	0.378	0.394	0.410	0.425	0.441	0.457	0.472
U	0.194	0.213	0.230	0.248	0.266	0.282	0.300	0.317	0.334	0.350	0.367	0.383	0.399	0.415	0.431	0.447	0.463	0.478
B	0.197	0.215	0.233	0.251	0.269	0.287	0.304	0.321	0.338	0.355	0.371	0.388	0.404	0.420	0.437	0.453	0.469	0.484
I	0.199	0.218	0.236	0.254	0.272	0.290	0.308	0.325	0.342	0.359	0.376	0.393	0.409	0.426	0.442	0.458	0.474	0.491
C	0.202	0.221	0.239	0.258	0.276	0.294	0.311	0.329	0.346	0.363	0.380	0.397	0.414	0.431	0.447	0.464	0.480	0.496
U	0.204	0.223	0.242	0.261	0.279	0.297	0.315	0.333	0.350	0.368	0.385	0.402	0.419	0.436	0.453	0.469	0.486	0.502
B	0.206	0.226	0.245	0.264	0.282	0.300	0.318	0.336	0.354	0.372	0.389	0.407	0.424	0.441	0.458	0.475	0.491	0.508
I	0.209	0.228	0.247	0.266	0.285	0.304	0.322	0.340	0.358	0.376	0.393	0.411	0.428	0.446	0.463	0.480	0.497	0.513
C	0.211	0.231	0.250	0.269	0.288	0.307	0.325	0.344	0.362	0.380	0.398	0.415	0.433	0.450	0.468	0.485	0.502	0.519
O	0.213	0.233	0.252	0.272	0.291	0.310	0.329	0.347	0.366	0.384	0.402	0.420	0.437	0.455	0.472	0.490	0.507	0.524
S	0.215	0.235	0.255	0.275	0.294	0.313	0.332	0.351	0.369	0.388	0.406	0.424	0.442	0.460	0.477	0.495	0.512	0.530
O	0.217	0.238	0.258	0.277	0.297	0.316	0.335	0.354	0.372	0.391	0.410	0.428	0.446	0.464	0.482	0.500	0.517	0.535
S	0.219	0.240	0.260	0.280	0.300	0.319	0.339	0.358	0.376	0.395	0.414	0.432	0.450	0.468	0.487	0.504	0.522	0.540
U	0.221	0.242	0.263	0.283	0.303	0.322	0.342	0.361	0.380	0.399	0.418	0.436	0.455	0.473	0.491	0.509	0.527	0.545