

0003813



134
INFOR
(1MAPA)

**POTENCIAL ENERGETICO DE LAS
PLANTACIONES DE EUCALIPTO
DE ISLA DE PASCUA**

Marzo, 1983



instituto forestal
CHILE



DIVISION INVENTARIOS FORESTALES

Proyecto 16-6017

POTENCIAL ENERGETICO DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO
DE ISLA DE PASCUA

Jefe de División

Rolando Bennewitz B.

Autor :

Sergio Alvarez G.

SANTIAGO - CHILE

Marzo, 1983

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES GENERALES	3
2.1 Ubicación	3
2.2 Relieve	3
2.3 Suelos	5
2.4 Clima	10
3. METODOLOGIA	12
3.1 Estimación de la Productividad	12
3.1.1 Superficies	12
3.1.2 Volumen	13
3.1.3 Fdad	18
3.1.4 Altura	21
3.1.5 Existencias Totales	21
3.2 Estimación del Potencial Energético	24
3.2.1 Densidad de la Madera	25
3.2.2 Peso de la Madera	26
3.2.3 Poder Calorífico de la Madera	27
3.2.4 Potencial Energético	30
4. RESULTADOS	33
4.1 Superficies	33
4.1.1 Uso Actual del Suelo	33
4.1.2 Plantaciones Forestales	34
4.2 Volúmenes	37
4.3 Estructura de los Rodales	39
4.4 Potencial Energético	45

	<u>Página</u>
5. ESTABLECIMIENTO DE NUEVAS PLANTACIONES	52
5.1 Especie y Rotación	52
5.2 Tasa de Forestación	55
5.3 Localización	58
5.4 Costos de Producción	61
6. CONCLUSIONES	66
6.1 Acerca de la Superficie	66
6.2 Acerca del Volumen	67
6.3 Acerca de la Estructura de los Rodales	68
6.4 Acerca del Potencial Energético	69
BIBLIOGRAFIA	70
ANEXO 1. Datos Climáticos de la Isla de Pascua	72
ANEXO 2. Formularios de Terreno	75
ANEXO 3. Tabla General de Volumen para Eucalipto (Eucalyptus globulus, LABILL). Isla de Pascua	78
ANEXO 4. Densidad de Algunas Maderas Nativas y Extranjeras	81
ANEXO 5. Listado de Rodales	84
ANEXO 6. Plano de las Plantaciones Forestales *	

* En forma separada.

LISTA DE CUADROS

	<u>Página</u>
CUADRO 1. Capacidad de Uso de los Suelos de Isla de Pascua	8
CUADRO 2. Grupos de Manejo de los Suelos de Isla de Pascua	9
CUADRO 3. Promedios Climáticos por Estaciones	11
CUADRO 4. Coeficientes de Regresión para el Volumen Cúbico	16
CUADRO 5. Coeficientes de Regresión para la Relación Diámetro-Edad.	19
CUADRO 6. Número de Rodales Muestreados, según el Número de Rodales Existentes.	22
CUADRO 7. Superficie de Rodales Muestreados, según Superficie de Rodales Existentes.	23
CUADRO 8. Valores Medios del Poder Calorífico Superior	29
CUADRO 9. Valores Asumidos para Calcular el Potencial Energético.	32
CUADRO 10. Distribución General de la Superficie, según su Uso Actual.	33
CUADRO 11. Plantaciones Forestales por Especie	35
CUADRO 12. Plantaciones de Eucalipto por Sector	36
CUADRO 13. Volumen Cúbico Total de las Plantaciones de Eucalipto.	38
CUADRO 14. Rendimiento Promedio de las Plantaciones de Eucalipto.	39
CUADRO 15. Crecimiento Promedio de las Plantaciones	44
CUADRO 16. Material Leñoso Existente	46

	<u>Página</u>
CUADRO 17. Potencial Energético de las Plantaciones	47
CUADRO 18. Potencial Energético Real de las Plantaciones por Tipo de Gasificador.	49
CUADRO 19. Proyección del Consumo de Energía y Tasa de Explotación del Bosque para los Próximos 10 años.	50
CUADRO 20. Algunas Especies Recomendadas para la Producción de Energía.	54
CUADRO 21. Tasa de Forestación, según Tipo de Gasificador	57
CUADRO 22. Tasa de Explotación y Forestación para el Período 1984-1993, según Tipo de Gasificador.	60
CUADRO 23. Gastos Anuales Promedio del Proyecto	65

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
FIGURA 1. Diagrama de Dispersión del Volumen, según la Altura Promedio por Clase de Diámetro.	17
FIGURA 2. Diagrama de Dispersión de la Relación Diámetro-Edad	20
FIGURA 3. Distribución Diamétrica Promedio de las Plantaciones de Eucalipto.	40
FIGURA 4. Distribución Diamétrica de las Plantaciones de SASIPA y CONAF.	41
FIGURA 5. Relación Altura-Edad de los Rodales Muestreados	43

1. INTRODUCCION

El rápido aumento de los precios de la energía desde 1973, ha llamado la atención de todos los sectores para la búsqueda de nuevas alternativas a los combustibles no-renovables.

Uno de los mayores resultados que se han obtenido en esta búsqueda, ha sido el renovado interés en la utilización de la madera como fuente de energía.

En esta perspectiva, la Sociedad Agrícola y Servicios Isla de Pascua Ltda., encomendó al Instituto Forestal la realización de este estudio, con el fin de estimar el potencial energético de las plantaciones de Eucalyptus globulus de la isla, para su utilización en la generación de electricidad.

El actual consumo de energía de la isla bordea los 2,0 millones de KWH al año, los cuales están siendo generados mediante el uso de petróleo, demandando un gasto anual cercano a los \$ 35 millones por este solo concepto.

Con un presupuesto de esta magnitud se podrían forestar más de 3.000 ha de bosques en un solo año, que luego de un período de rotación de 10 años, generarían una energía equivalente superior a 300 millones de KWH, dando solución a los requerimientos energéticos de la isla por más de un siglo.

Estas cifras revelan la extraordinaria importancia que tienen las plantaciones para la Isla de Pascua, como sustituto del petróleo.

Dentro de este marco de referencia, el Instituto Forestal realizó este estudio teniendo presente los siguientes objetivos :

- a) Valorizar cuantitativamente las plantaciones de *Eucalyptus globulus* existentes en la isla, midiendo su extensión y productividad volumétrica.
- b) Determinar la capacidad energética-poder calorífico- del recurso como combustible.
- c) Proponer un programa de forestación con eucalipto u otra especie con miras a su utilización como insumo para la generación de electricidad en forma sostenida.

El estudio abarcó toda la isla, y se realizó sobre la base de un inventario de todos los rodales de eucalipto existentes, mediante el apoyo de fotointerpretación de fotografías aéreas y reconocimiento de terreno.

Para la valorización energética y la estimación de costos de operación del recurso para su uso en la producción de energía, se tomaron una serie de supuestos y consideraciones que se explican detalladamente en cada uno de los capítulos de este informe.

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1 Ubicación.

Isla de Pascua está situada en la parte oriental del Océano Pacífico, entre las latitudes 27°03' y 27°10' S y las longitudes 109°16' y 109°27' W, enfrentando al puerto de Caldera. Los puntos geográficos más próximos a ella son los peñones deshabitados de Salas y Gómez a unos 400 Km al noreste y la isla de Mangareva en el Archipiélago de Gambier, a unos 2.600 Km hacia el oeste. Desde el continente dista unos 3.600 Km. Tahiti se encuentra a 3.700 Km de ella.

En la actualidad, Isla de Pascua es una provincia y comuna de la V Región de Valparaíso, cuya capital es Hanga Roa y comprende los territorios de las islas de Pascua y de Salas y Gómez.

La isla tiene una forma triangular y ocupa una superficie aproximada de 166 Km². En el vértice oriental se encuentra el Volcán Puakatiki, en el vértice sur se levanta el Volcán Rano Kao y en el lado occidental se presenta una cadena volcánica conocida con el nombre genérico de Maunga Terevaka. Su forma triangular es semejante a un triángulo rectángulo cuya hipotenusa mide unos 24 Km de largo y sus catetos unos 16 Km cada uno. En su parte más ancha tiene 12 Km.

2.2 Relieve.

La isla es de origen volcánico y se levanta sobre una pequeña plataforma submarina hasta una altitud de 507 metros sobre el nivel del mar, al alejarse unos pocos kilómetros de las costas, el mar alcanza una profundidad media de 4.000 a 5.000 metros.

Posee un volcán en cada uno de sus vértices y las suaves pendientes interiores de los conos volcánicos conforman la parte central de la isla, de aspecto ondulado y de donde emergen varios conos parasitarios menores. Estos conos se levantan por sobre corrientes de lavas que constituyen bancos expuestos.

Actualmente no hay actividad volcánica, si bien todos los cráteres tuvieron su relativa actividad. Parece ser que el más reciente fue el Maunga Terevaka, al cual pertenece el Rano Aroi, ya que toda su ladera norte está recubierta de lava en conglomerado y en fragmentos aún no in-temperizados, estimándose que de aquí proviene el origen de todos los fragmentos de lava diseminados en toda la superficie de la isla.

La costa de la isla en amplios sectores ha sido profundamente erosionada por el mar, especialmente en los vértices, donde existen altos acantilados. Sólo se encuentran pequeñas playas en Anakena y Ovahe (costa norte).

La costa es en general agreste y rocosa, con pocos entrantes de tamaño apreciable y escasos fondeaderos. Aunque algo de coral crece irre-gularmente, no hay arrecifes y, en general, las pendientes son pronuncia-das y descienden a profundidades considerables.

La alta permeabilidad del subsuelo de la isla ha permitido un esca-so escurrimiento de aguas superficiales, por lo que no existen quebradas o valles. En consecuencia, a excepción de las modificaciones de la morfología original debidas a la abrasión marina en las costas, las formas volcánicas se conservan intactas y caracterizan su singular paisaje.

A excepción del área de Hanga Roa y sus inmediaciones, profusamente arboladas, el resto de la isla está cubierta mayoritariamente de praderas.

2.3 Suelos.

Según un detallado estudio de Alcayaga y Narbona (1969), los suelos de la Isla de Pascua son suelos recientes en cuanto a edad cronológica, pero son suelos antiguos de acuerdo a su evolución y todos tienen un origen similar. Derivan en parte de cenizas volcánicas u en parte de lavas descompuestas; estos últimos materiales pueden ser un producto "in situ", o transportado desde los sectores más altos por efecto de la erosión geológica, cuando aún los materiales no estaban protegidos por la vegetación.

En general, los suelos son delgados, con extensos sectores de suelos muy delgados y con afloramientos de lavas muy frecuentes y distribuidos en forma irregular, aunque ellos predominen en los sitios donde se producen quiebres de pendiente. Los suelos moderadamente profundos se presentan en los sectores que constituyen el tercio inferior de la pendiente de los conos volcánicos, o bien, en sectores de acumulación de materiales depositados en pequeñas quebradas labradas por corrientes de agua que hoy no existen, predominantemente en las cercanías de la costa.

Los suelos se presentan en una topografía como de escalones, donde las pendientes dominantes fluctúan entre 1 a 3%; entre escalón y escalón, las pendientes son generalmente complejas y muestran intervalos dominantes de 3 a 8%, o bien, de 4 a 15%.

En los conos volcánicos, las pendientes dominantes son de 5 a 20%, existiendo áreas en que dichas pendientes llegan a 40% y más. En térmi-

nos generales puede decirse que en los sectores de pendientes fuertes, los suelos son delgados o muy delgados, o no hay suelo.

Gran parte de los suelos de la isla se encuentran cubiertos por fragmentos de lavas de diferentes tamaños, de tal modo, que la mayor parte de las series de suelos son por definición pedregosos.

Los suelos son predominantemente arcillosos, ello indica que en un tiempo relativamente corto, se ha producido una descomposición de los materiales constitutivos de las lavas, de tal modo, que las fracciones limo y arcilla representan como mínimo un 60% y en promedio un 80% de la fracción mineral. No son raros los suelos donde la suma limo-arcilla se eleva a 95%.

Los suelos son de reacción fuertemente ácida o moderadamente ácida en la superficie y moderadamente ácidos en profundidad. Suelos ligeramente ácidos son la excepción.

El contenido de materia orgánica es elevado en consideración a las condiciones climáticas imperantes en Pascua, especialmente en la superficie del suelo donde se presentan cifras cercanas al 6% o la fertilidad natural es moderada a baja, el drenaje es bueno.

La capacidad de retención de agua es muy alta y el contenido de agua aprovechable es bastante aceptable (10 a 20% del peso seco), ello permite un desarrollo adecuado de plantas y pastos en condiciones de suelos delgados y con sequías prolongadas.

El arraigamiento de las plantas es bueno sólo en los primeros 30 cm, reduciéndose en profundidad rápidamente, a los 45 - 50 cm el arraigamiento

to se hace escaso; ocasionalmente se encuentran raíces a profundidades de 70 u 80 cm. La profundidad media de las distintas series de suelo alcanza a 48 cm.

El proceso de erosión, que ha sido estimado como muy grave en algunos estudios (Sudzuki, 1979; Etienne, 1982), puede decirse que no es tal para los actuales sistemas de manejo. Sólo en el sector de Poike hay realmente un proceso de erosión importante que está siendo protegido con plantaciones de eucalipto. En el resto de los suelos, la alta permeabilidad, la existencia de piedras en la superficie y una cubierta vegetal densa, impiden el desarrollo de un proceso de erosión por agua que tenga alguna significación.

De acuerdo a su capacidad de uso, los suelos de Isla de Pascua presentan un 67% de la superficie apta para cultivos de praderas permanentes y forestales, un 30% de terrenos arables y un 3% no utilizable, según se desprende del Cuadro 1.

CUADRO 1.

Capacidad de Uso de los Suelos de Isla de Pascua

Clase de Uso	Superficie	%
II	507,6	3,1
III	1.258,4	7,6
IV	3.130,6	18,8
Total Arable	4.896,6	29,5
V	1.558,8	9,4
VI	3.819,7	22,9
VII	5.762,6	34,7
Total Praderas Permanentes y Forestales.	11.141,1	67,0
VIII	590,4	3,5
Total No Utilizable	590,4	3,5
Total	16.628,1	100,0

Fuente : Alcayaga y Narbona (1969).

Al expresar estas superficies de Capacidad de Uso como Grupos de Manejo de los Suelos, en base a variables como arraigamiento, profundidad, susceptibilidad a la erosión, pendiente, etc. se obtiene un 29,4% de la superficie total de la isla apta para cultivos agrícolas, un 47,7% para praderas permanentes, un 22,3% para bosques y un 3,5% sin uso posible (Ver Cuadro 2).

CUADRO 2.

Grupos de Manejo de los Suelos de Isla de Pascua

Grupo	Aptitud	Superficie	%
A	Rotaciones Cortas	1.240,0	7,4
B	Rotaciones Medias	1.774,0	10,7
C	Rotaciones Largas con cultivos ocasionales	1.882,6	11,3
D	Praderas Permanentes	7.437,5	44,7
E	Forestal	3.703,6	22,3
F	Sin Uso	590,4	3,6
Total		16.628,1	100,0

Fuente : Alcayaga y Narbona (1969).

2.4 Clima.

De acuerdo con Alcayaga y Narbona (1969), el clima de la isla puede ser considerado como templado-cálido con las precipitaciones bien distribuidas a lo largo del año, aunque el verano es ligeramente más seco. Sin embargo otros autores como Fuenzalida (1971) señalan que el clima oscila entre un templado con humedad suficiente y un clima tropical (Afa).

Según las observaciones de más de 20 años de la Estación Meteorológica de la FACH en la isla, la temperatura media anual es de 20,4°C, siendo la máxima media más alta la de febrero con 28,2°C. La nubosidad media anual es de 5,0 (sistema 8/8), siendo más elevada entre mayo y octubre con un promedio de 5,4; durante el resto del año se mantiene entre 4,5 y 4,9, alcanzando un mínimo en febrero de 4,2 (Ver Cuadro 3).

La precipitación media anual en Mataverí es de 1.233 mm y ella aumenta hacia los sectores más altos de la parte noroccidental de la isla, hasta una máxima de 1.500 mm en el Maunga Terevaka donde la temperatura es solo ligeramente más baja. El sector oriental (Poike) es el más seco, con una media cercana a 1.000 mm. El mes más lluvioso es octubre con 70 mm. El total de días de lluvia en el año es de 154 y el viento predominante es del Este con fuerza 2; durante los meses de junio a septiembre, la predominancia es del Norte con fuerza 3 (Ver Anexo 1).

En la práctica existen sólo dos estaciones bien diferenciadas : verano e invierno.

CUADRO 3.

Promedios Climáticos Por Estaciones

Variable	Unidad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Temperatura media	°C	22,3	21,5	18,6	19,1	20,4
Temperatura máxima media	°C	26,9	25,4	21,6	23,2	24,2
Temperatura mínima media	°C	18,9	18,0	14,8	15,3	16,8
Temperatura máxima absoluta	°C	31,0	30,8	27,0	28,0	31,0
Temperatura mínima absoluta	°C	12,0	11,0	8,0	8,0	8,0
Presión Atmosférica	mb	1.015	1.013	1.016	1.017	1.015
Precipitación media	mm	321	344	310	158	1.233
Humedad Relativa	%	81	81	83	81	82
Nº de días con lluvias	-	35	43	41	35	154
Nº de días con lloviznas	-	0,1	0,6	0,1	0	0,8
Nº de días con nieblas	-	5,1	3,6	1,9	1,9	12,5
Nº de días despejados	-	22,3	25,8	33,2	23,3	113,9
Nubosidad (0-8)	-	4,5	5,0	5,4	5,2	5,0

Heladas, Nieves, Granizos : No hay.

3. METODOLOGIA

3.1 Estimación de la Productividad.

En este estudio se consideró como "recurso existente" todas las plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) que actualmente crecen en la isla formando bosques o bosquetes relativamente homogéneos. Se excluyeron las formaciones presentes en el área urbana de Hanga Roa y las agrupaciones de árboles utilizados como cortinas cortavientos.

Las plantaciones forestales de otras especies se indican como un complemento de las plantaciones susceptibles de ser utilizadas como energía.

3.1.1 Superficies.

La localización de las plantaciones de eucalipto, así como de las plantaciones de otras especies, se realizó mediante la fotointerpretación de fotografías aéreas escala 1:25.000 del vuelo SAF 81, obtenidas por el Servicio Aerofotogramétrico de la FACH, en noviembre de 1981.

De esta forma, se definieron 57 rodales^{*} de eucalipto y 26 rodales de otras especies repartidos en toda la superficie de la isla. Posteriormente, cada uno de estos rodales fue corregido de acuerdo con los errores que se detectaron en la visita de terreno y traspasados, a través de sketchmaster, a la carta base escala 1:25.000 elaborada por el SAF.

* Por "rodal" se entiende una superficie continua de árboles de características homogéneas.

Los rodales de eucalipto se clasificaron según tipo de monte en alto, medio o bajo y según la composición de especies, indicando si el rodal es puro o mixto. Como rodal puro se definió aquel en que la participación de eucalipto fuese mayor o igual a un 80% de la frecuencia observada, y como rodal mixto, aquel en que la frecuencia de eucalipto es mayor o igual a 20%, pero inferior a un 80% de la frecuencia. Los rodales con una composición inferior al 20% no se consideraron en este estudio.

Las plantaciones nuevas de eucalipto se definieron como en tipo de rodal aparte, y se clasificaron de acuerdo a su composición en los rangos señalados.

La medición de superficie de los rodales se hizo sobre el plano base escala 1:25.000, utilizando un planímetro digital.

3.1.2 Volumen.

Para cubicar las plantaciones de eucalipto se construyó una Tabla de Volumen General para la isla, midiendo 5 árboles por cada clase de DAP entre 5 y 40 cm, sobre la base de que las plantaciones que se destinen al uso energético no podrá exceder de este rango en su período de rotación.

Cada árbol-muestra se volteó y seccionó en trozas de 3 metros de largo, hasta un índice de utilización de 3 cm, realizándose las siguientes mediciones :

- DAP con corteza, cm
- Edad en el tocón, años
- Diámetro menor sin corteza de cada sección, cm
- Espesor de corteza, mm
- Altura de tocón y ápice, m

En el Anexo 2, se incluye el Formulario 2 que se usó en la toma de datos para la Tabla de Volumen.

Los árboles-muestra fueron elegidos al azar entre los rodales del sector Vaitea, por ser éste el lugar más forestado de la isla, pudiendo, en consecuencia, reunir todas las variaciones que afectan el crecimiento de los árboles.

El volumen de cada árbol fue calculado usando la fórmula de Smalian, que tiene la siguiente expresión para largos de troza de 3 metros :

$$V = 1,1781 * 10^{-4} * (d_0^2 + 2d_1^2 + 2d_2^2 + \dots + d_n^2) \quad (1)$$

donde :

- V = Volumen con corteza del árbol, m³
- d = Diámetro menor con corteza de cada troza, cm
- i = 0, 1, 2 ..., n. Secciones del árbol.

Para construir la Tabla de Volumen se probaron los siguientes modelos de ajuste de curvas :

- (a) $V = b_0 + b_1 (D^2H)$
- (b) $V = b_0 + b_1 (H) + b_2 (D^2H)$
- (c) $V = b_0 (D^2H)^{b_1}$

donde :

V = Volumen con corteza del árbol, m³

D = Diámetro a la altura del pecho (DAP), cm

H = Altura total del árbol, m

b₀, b₁, b₂ = Constantes de regresión

El modelo (a) ha sido probado exitosamente en muchas evaluaciones de volumen para diversas especies tanto nativas como introducidas (Ferreira, 1973; Lisboa, 1960), y los modelos (b) y (c) fueron probados recientemente con excelentes resultados por Rojas y Hernández (1982) en un estudio de crecimiento y productividad de cuatro especies de eucalipto de la zona centro-sur del país.

El ajuste de los modelos se hizo por el método de los mínimos cuadrados, eligiéndose como representativo el modelo (b) que resultó con el menor error estandar de la estimación (S_{yx}) (Ver Cuadro 4).

De esta forma, la expresión que define el volumen en función del diámetro y la altura es la siguiente :

$$V = 0,003145 + 0,001788 * (H) + 0,00002889 * (D^2H) \quad (2)$$

En el Anexo 3 se incluye la Tabla de Volumen General para Eucalipto en Isla de Pascua, y en la Figura 1 el diagrama de dispersión de los datos con los valores estimados, según altura promedio por clase de diámetro.

CUADRO 4.

Coefficientes de Regresión para el Volumen Cúbico

Modelo	b_0	b_1	b_2	S_y	S_{yx}	r	R^2	n
(a)	0,01814	0,00002966	-	0,2132	0,0380	0,984	0,968	56
(b)	0,003145	0,001788	0,00002889	0,2132	0,0377	0,984	0,969	56
(c)	0,00008111	2,4586	-	0,2132	0,0405	0,982	0,964	56

b_0, b_1, b_2 = Coeficientes de regresión

S_y = Varianza del volumen (m^3)

S_{yx} = Error estandar de la estimación (m^3)

r = Coeficiente de correlación

R^2 = Coeficiente de determinación

n = Número de datos de la regresión

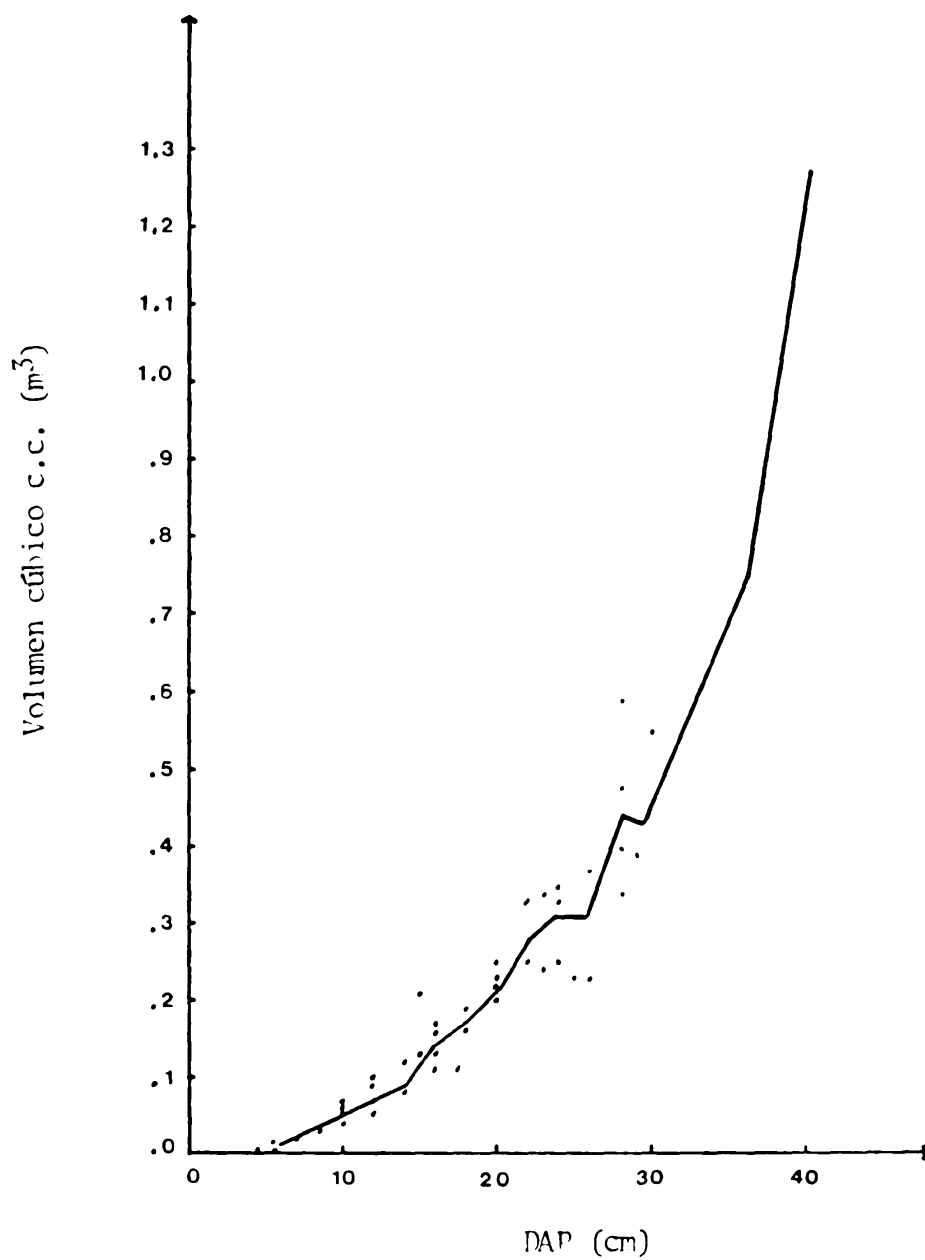


FIGURA 1. Diagrama de Dispersión del Volumen según la Altura Promedio por Clase de Diámetro.

3.1.3 Edad.

Como consecuencia del hecho que no existen registros del año en que fueron hechas las diversas plantaciones de eucalipto en la isla, sino más bien indicios de las épocas de plantación (Etienne, 1982), la edad de los rodales se estimó a través de la relación que existe entre este parámetro y el diámetro de los árboles. Con este fin, se utilizaron las mediciones de edad tomadas durante el muestreo de volumen, ajustándose cuatro modelos de regresión que entregan buenas estimaciones a través del diámetro, probados por Rojas y Hernández (1982).

$$(a) \quad D = b_0 + b_1 (E)$$

$$(b) \quad \ln D = b_0 + b_1 (\ln E)$$

$$(c) \quad D = b_0 + b_1 (\ln E)$$

$$(d) \quad D = b_0 + b_1 (E)$$

donde :
D = DAP de los árboles, cm
E = Edad de los árboles, años
b₀, b₁ = Constantes de regresión

Del mismo modo que en el caso de los volúmenes, el ajuste de los modelos se hizo por el método de los mínimos cuadrados, eligiéndose como representativo el modelo (d) que entregó el menor error estándar de la estimación (Ver Cuadro 5).

CUADRO 5.

Coefficientes de Regresión para la Relación Diámetro-Edad

Modelo	b ₀	b ₁	S _y	S _{yx}	r	R ²	n
(a)	-13,6133	9,0618	7,9518	3,1206	0,920	0,846	56
(b)	0,4388	0,9581	7,9518	3,0823	0,922	0,850	56
(c)	-17,3194	14,4630	7,9518	3,4900	0,899	0,807	56
(d)	1,3141	1,3025	7,9518	3,0473	0,924	0,853	56

De esta forma, la expresión que define la relación diámetro-edad es la siguiente :

$$D = 1,3141 + 1,3025 * (E) \quad (3)$$

La edad de los rodales se estimó reemplazando el diámetro medio del rodal en la ecuación seleccionada, utilizando la ecuación inversa de la expresión (3) :

$$E = \frac{D - 1,3141}{1,3025} \quad (4)$$

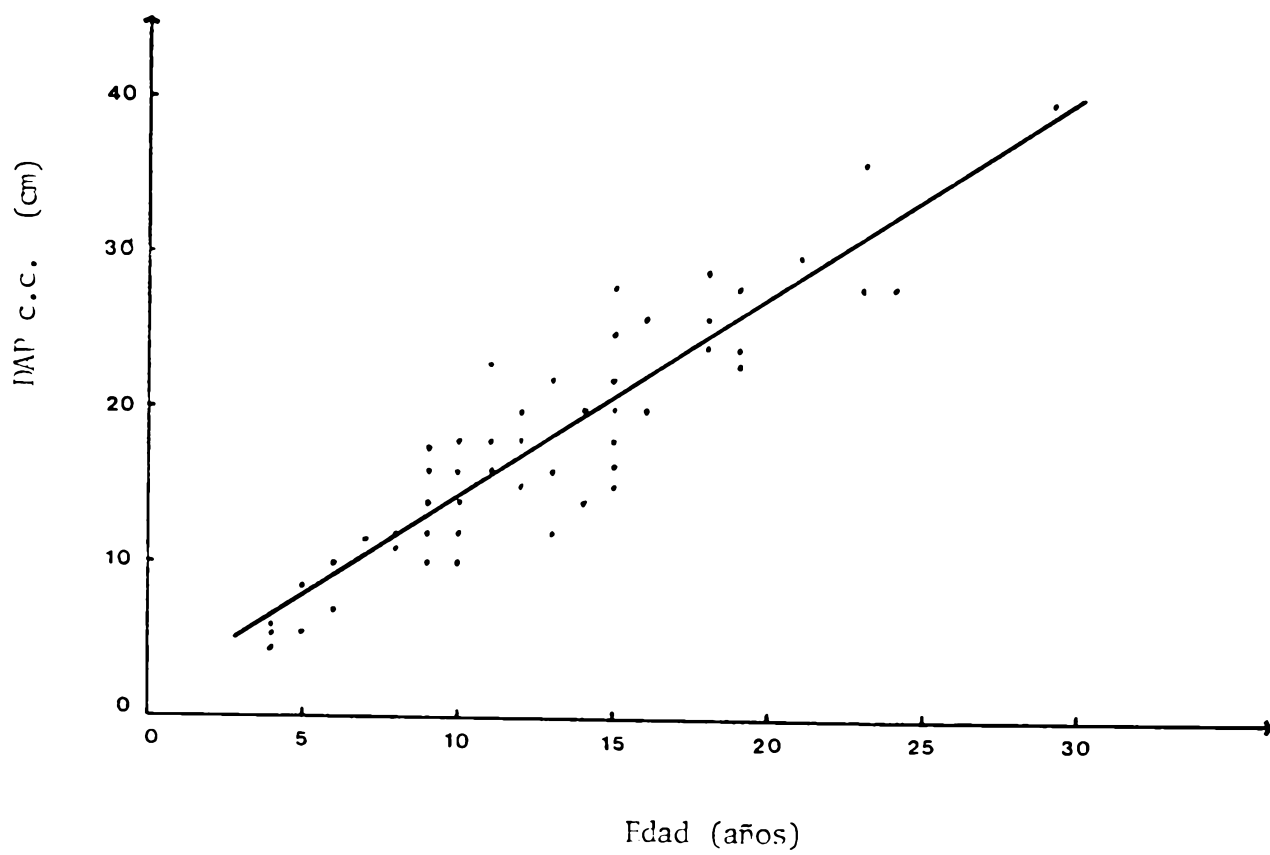


FIGURA 2. Diagrama de Dispersión de la Relación Diámetro-Edad

3.1.4 Altura.

Para calcular la altura media de los rodales se midió la altura y el diámetro de los cinco árboles más representativos de los estratos presentes en el rodal.

Con estos datos se construyó una curva de altura-diámetro para cada uno de los rodales muestreados, que sirvió de base para estimar la altura promedio de cada clase de diámetro.

Posteriormente, la altura promedio del rodal se calculó como un promedio ponderado de las alturas representativas de cada clase de diámetro, utilizando la frecuencia como factor de ponderación.

3.1.5 Existencias Totales.

El muestreo de las plantaciones de eucalipto se realizó sobre una base muestral de 27 parcelas de tamaño variable, entre 1/50 y 1/20 ha, distribuidas preferencialmente en los rodales del fundo Vaitea de SASIPA.

El número de parcelas de muestreo en cada rodal, se determinó de acuerdo con el tamaño del rodal, según la siguiente pauta :

Superficie del Rodal (ha)	Número de Parcelas
0.1 - 10.0	1
10.1 - 15.0	2
15.1 - 20.0	3
20.1 - 25.0	4
> 25.1	5

De esta forma, se muestrearon 23 rodales de un total de 57 existentes en la isla, lo que representa un 40,4% del número total. En cuanto a los rodales del fundo Vaitea, se muestrearon 16 rodales de un total de 26, lo que representa un 61,5% (Ver Cuadro 6).

CUADRO 6.

Número de Rodales Muestreados
según el Número de Rodales Existentes

Propietario	N° de Rodales	N° Parcelas	Rodales Muestreados	%
SASIPA	26	20	16	61,5
CONAF	19	6	6	31,6
PARTICULARES	12	1	1	8,3
Total	57	27	23	40,4

En relación a la superficie que representan los rodales muestreados, un 63,7% de la superficie total de eucalipto existente en la isla fue visitada, en tanto que para los rodales de Vaitea la superficie muestreada alcanzó al 90,6% (Ver Cuadro 7).

CUADRO 7.

Superficie de Rodales Muestreados
según Superficie de Rodales Existentes

Propietario	Rodales Existentes	Rodales Muestreados	%
Superficie (ha)			
SASIPA	70.3	63,7	90,6
CONAF	38.2	13,0	34.0
PARTICULARES	35.4	15.0	42.4
Total	143.9	91.7	63.7

La información que se recolectó en cada parcela fue la siguiente :

- Número de la parcela
- Número del rodal
- Número de la fotografía aérea donde aparece el rodal
- Tipo de monte (alto, medio, bajo)
- Frecuencia de diámetros por clase de DAP
- Número de árboles de otras especies en rodales mixtos
- Muestra de altura-diámetro

En el Anexo 2, se incluye el Formulario 1 que se usó en la toma de datos de inventario.

Los rodales que no fueron muestreados, que en su totalidad corresponden a plantaciones con una superficie promedio inferior a 2 ha, fueron asimilados a otros rodales con información disponible, de acuerdo a una pauta de observación en terreno que incluyó aspectos como diámetro promedio de los árboles, alturas, densidad, forma, sitio, etc.

Un listado completo de todos los rodales existentes en la isla, con sus características dasométricas para aquellos que fueron muestreados, se incluye en el Anexo 5.

3.2 Estimación del Potencial Energético.

La energía proveniente de la madera está directamente relacionada con sus propiedades físicas, dependiendo principalmente del peso y del contenido de humedad. A su vez, el peso de la madera depende básicamente de la densidad y de la humedad contenida en ella. La relación entre estos elementos, más el volumen, el poder calórico y la especie, determinan finalmente el potencial energético del recurso forestal en cuestión.

Como los elementos que deben considerarse son variados, el análisis de estas variables (densidad, peso, humedad y poder calórico) que conducen al potencial energético, se explicarán detalladamente en las secciones siguientes.

3.2.1 Densidad de la Madera.

Como la densidad es una relación peso-volumen, su valor depende del contenido de humedad existente en la madera al hacer las mediciones (Ver Anexo 4).

En general, la densidad disminuye con el aumento en el contenido de humedad en forma exponencial, pero de acuerdo con Torricelli (1941) para los fines prácticos, la densidad basada en el peso de la madera seca al horno y volumen al contenido común de humedad (menos de 35%), de cualquier especie, puede suponerse que aumenta en proporción directa a la pérdida de humedad bajo el punto de saturación de las fibras.* Esto significa que por sobre el estado de saturación, el contenido de humedad no afecta mayormente la densidad, por lo cual ella puede considerarse constante.

Esto último se observa también en las cifras del Anexo 4 y en especial para eucalipto, donde las densidades son parecidas para contenidos de humedad mayores del 30%, aumentando fuertemente para una humedad menor.

La conclusión anterior es importante porque nos permite suponer cierta independencia de la densidad con respecto al contenido de humedad sobre el punto de saturación, nivel difícil de alcanzar por la madera en condiciones de secado natural.

* El estado cuando los lúmenes están vacíos, pero las paredes celulares están completamente saturadas, se conoce con el nombre de "punto de saturación de las fibras", y se encuentra comprendido entre el 20-35% de humedad para la mayoría de las especies.

La experiencia práctica permite señalar que las maderas oreadas de eucalipto alcanzan contenidos de humedad que fluctúan entre 35-45%, por lo cual se podría manejar una densidad promedio para la madera en las condiciones de humedad que sería usada de $0,68 \text{ ton/m}^3$, cifra que resulta de la interpolación de los valores de eucalipto para el contenido de humedad referido (Ver Anexo 4).

3.2.2 Peso de la Madera.

La madera de los árboles vivos posee un contenido de humedad de 30 a 300%, medido en base al peso seco de la madera. Esta capacidad de los árboles para contener humedad afecta en forma muy importante el peso y el poder calórico de la madera.

Las diversas maderas difieren apreciablemente unas de otras en el peso y aun en las mismas especies, el peso de la madera no es siempre el mismo, sino que varía dentro de un límite, según sea la densidad.

No obstante, de acuerdo con lo visto en la sección anterior, la humedad sobre un 30% prácticamente no afecta a la densidad, por lo cual, es lícito pensar que el peso de la madera en esos porcentajes de humedad, aumenta en forma proporcional al contenido de humedad.

Considerando que la densidad del agua es igual a la unidad, la expresión que define el peso es la siguiente :

$$W = De * VOL * (1 + H) \quad (5)$$

donde :

W = Peso en ton
De = Densidad en ton/m³
VOL = Volumen en m³
H = Contenido de humedad en decimales

La ecuación (5) se puede usar para calcular el peso de la madera para cualquier contenido de humedad sobre el punto de saturación de las fibras. No obstante, debe quedar claro que es sólo una forma de estimar el peso, puesto que no existe en la actualidad información que relacione ambas variables.

El contenido de humedad que la madera de eucalipto puede alcanzar en condiciones de secado natural, para una utilización como combustible, fluctúa entre 35 - 45%, por lo cual, el peso promedio de la madera según la densidad asumida sería de 952 Kgs/m³.

En el cálculo anterior se empleó la ecuación (5) para un contenido de humedad del 40%, redondeando la cifra al entero más próximo.

3.2.3 Poder Calorífico de la Madera.

El poder calorífico (o calor de combustión) de un cuerpo es una medida del calor liberado por la combustión completa y total de la unidad de peso de dicho cuerpo.

En la práctica, el poder calorífico de la madera varía en fuertes proporciones de acuerdo a su contenido de humedad. La cantidad

de calor entregado, disminuye cuando la cantidad de agua en la madera aumenta, debido a las unidades calóricas requeridas para aumentar la temperatura del agua hasta el punto de ebullición, y luego, recalentar este vapor hasta la temperatura final.

La relación entre el poder calorífico y el contenido de humedad de la madera expresado sobre la base del peso seco es de tipo exponencial, en cambio, al expresar el contenido de humedad sobre la base del peso húmedo, la relación es lineal. Las ecuaciones que relacionan estas variables son :

$$P_c = PCS * \frac{100 - 0,127 H_{bps}}{100 + H_{bps}} \quad (6)$$

$$P_c = PCS * (1 - 0,01127 * H_{bph}) \quad (7)$$

donde :

- P_c = Poder calorífico (Kcal/Kg)
- PCS = Poder calorífico superior (Kcal/kg)
- H_{bps} = Contenido de humedad en base al peso seco (%)
- H_{bph} = Contenido de humedad en base al peso húmedo (%)

El poder calorífico superior (PCS) es el calor liberado por la combustión cuando se efectúa a volumen constante y el agua formada en el curso de la combustión es condensada. Estas condiciones se dan en una bomba calorímetra. En cambio, el calor liberado cuando la combustión se realiza a presión constante, es decir al aire libre, el agua producto de la combustión permanece en estado de vapor, se conoce como poder calorífico inferior ($PCI = P_c$).

CUADRO 8.

Valores Medios del Poder Calorífico Superior

Especie o Grupo	Material	PCS (Kcal/Kg)
Pino Insigne	Madera	4.811
	Ramas	4.974
	Acículas	5.081
	Corteza	5.136
Eucalipto	Madera	4.636
	Ramillas	4.580
	Hojas	5.268
	Corteza	3.944
Especies Nativas	Madera	4.632
	Ramillas	4.641
	Hojas	4.852
	Corteza	4.621
Pastos		4.087
Matorrales		4.611
Carbón Vegetal		7.496

Fuente : Covacevic (1979)

Estudios realizados sobre el poder calorífico, han concluido que no existen diferencias significativas en el PCS de las maderas provenientes de distintas localidades y edades, incluso entre las especies nativas estudiadas (Covacevic, 1979). Por esta razón, los valores entregados en el Cuadro 8 pueden ser usados sin problemas para las plantaciones de Isla de Pascua.

Sin embargo, el poder calorífico varía con el origen del material en el árbol, de tal modo, que el valor promedio del PCS para eucalipto se calculó sobre la base de considerar que del volumen total del árbol, un 80% corresponde a madera; un 5% a corteza y un 15% a ramillas y hojas. De este cálculo, utilizando los valores del Cuadro 8, resulta un valor promedio de PCS para eucalipto de 4.645 Kcal/Kg.

3.2.4 Potencial Energético.

El potencial energético expresa el calor liberado por la combustión de 1 m³ de madera con un contenido de humedad específico.

Por lo tanto, el potencial energético es una relación directa del peso de la madera, quedando definido por la siguiente expresión :

$$PE = P_c * W * 10^{-6} \quad (8)$$

donde :

$$\begin{aligned} PE &= \text{Potencial energético (Tcal)}^* \\ Pc &= \text{Poder calorífico (Kcal/Kg)} \\ W &= \text{Peso de la madera (ton)} \\ 10^{-6} &= \text{Factor de conversión} \end{aligned}$$

Reemplazando W por la expresión (5) deducida anteriormente, y expresando el volumen en miles de m^3 , se obtiene que :

$$PE = Pc * De * VOL * (1+H) * 10^{-3} \quad (9)$$

donde :

$$\begin{aligned} PE &= \text{Potencial energético (Tcal)} \\ Pc &= \text{Poder calorífico (Kcal/Kg)} \\ De &= \text{Densidad de la madera (ton/m}^3\text{)} \\ VOL &= \text{Volumen de madera (miles de m}^3\text{)} \\ H &= \text{Contenido de humedad de la madera en base al peso seco (decimales)} \\ 10^{-3} &= \text{Factor de conversión} \end{aligned}$$

En esta última expresión, el volumen es la única variable que no ha sido asumida como constante, por lo cual, si se considera la expresión :

$$K = Pc * De * (1+H) * 10^{-3} \quad (10)$$

se tiene que :

$$PE = K * VOL \quad (11)$$

* $1 \text{ Tcal} = 10^{12} \text{ calorías} = 10^9 \text{ Kcal}$

donde la constante K expresa el potencial energético en Tcal, por cada mil m³ de madera.

Un resumen de los valores promedio usados para el cálculo del potencial energético de las plantaciones de eucalipto de la isla, puede verse en el siguiente cuadro :

CUADRO 9.

Valores Asumidos para Calcular el Potencial Energético

Variable	Unidad	Valor
Densidad	ton/m ³	0,68
Poder Calorífico Superior	Kcal/Kg	4.645
Humedad (bps)	%	40
Poder Calorífico Inferior	Kcal/Kg	3.149
Potencial Energético	Tcal/ 10 ³ m ³	3,00

4. RESULTADOS

4.1 Superficies.

4.1.1 Uso Actual del Suelo.

La superficie total de Isla de Pascua alcanza a 16.628,1 ha, cuya mayor parte está administrada por la Sociedad Agrícola y Servicios Isla de Pascua Ltda. (SASIPA) y por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). SASIPA administra los terrenos del fundo Vaitea que totalizan 8.737,9 ha y se extienden por la parte central de la isla, ocupando la zona nor-oriental. Por su parte, CONAF administra actualmente 3.795,0 ha que pertenecen al Parque Nacional Rapa Nui, ocupando la franja costera alrededor de casi toda la isla y los terrenos del volcán Rano Kao.

La suma de la superficie que administran ambas Instituciones, representa las 3/4 partes de los terrenos disponibles en la isla. (Ver Cuadro 10).

CUADRO 10.

Distribución General de la Superficie según su Uso Actual

Uso Actual	Superficie (ha)	%
SASIPA (Fundo Vaitea)	8.737,9	52,5
CONAF (Parque Nacional Rapa Nui)	3.795,0	22,8
Zona Rural (Parcelas y T. Comunitarios)	3.500,0	21,1
Zona Urbana (Hanga Roa y Aeropuerto)	595,2	3,6
Total	16.628,1	100,0

Sin embargo, la superficie declarada Parque Nacional por el Decreto Supremo N° 520 del 25 de octubre de 1968, del Ministerio de Agricultura, señala una extensión de 4.755 ha, distribuidas en dos sectores : Maunga Terevaka (3.605 ha) y Rano Kao (1.150 ha). Según esto, hay una diferencia de 960 ha declaradas Parque Nacional, y que de acuerdo con el plano del parque estaría comprendida mayoritariamente en los terrenos que actualmente ocupa el fundo Vaitea de SASIPA.

Los terrenos del fundo Vaitea se usan principalmente en la producción agropecuaria, manteniendo actualmente una carga animal de más de 6.000 cabezas entre vacunos, ovinos y caballares. La producción agrícola se concentra en los frutales, abasteciendo de limones, naranjas y paltas. Las plantaciones forestales del fundo son mínimas (poco más del 1%) y corresponden casi en su totalidad a bosques de eucalipto que se usan en la producción de estacas y postes.

Los terrenos que administra CONAF se manejan como parque nacional, y mantienen algunas plantaciones forestales, principalmente de eucalipto y miro tahiti, que fueron plantadas con anterioridad a la fecha de creación del parque.

Las parcelas y terrenos comunitarios de los isleños se utilizan en el cultivo agrícola de variados productos como piñas, sandías, camote, plátanos, etc. y para el pastoreo de sus animales. A pesar de ser una vasta zona, en los últimos años se han trabajado no más de 500 ha.

4.1.2 Plantaciones Forestales.

La cubierta forestal de la isla, exceptuando las plantaciones de la zona urbana, alcanzan a 246,4 ha y representan el 1,5% de la superficie total de la isla.

La gran mayoría de las plantaciones corresponden a bosques de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) los cuales cubren una superficie de 158,1 ha y representan el 64% del total. El resto corresponde a plantaciones de Miro tahiti (*Melia azederach*), otras especies de eucalipto (*Eucalyptus* spp), Ciprés (*Cupressus macrocarpa*), Acacia (*Acacia* spp) y otras especies forestales y arbustivas (Ver Cuadro 11).

CUADRO 11.

Plantaciones Forestales por Especie

Especie	Superficie (ha)			Total	%
	SASIPA	CONAF	PARTICULARES		
Eucalipto					
P. Nueva	14,2	-	-	14,2	5,8
P. Adulta	70,3	38,2	35,4	143,9	58,4
Miro tahiti					
P. Nueva	2,2	19,2	-	21,4	8,7
P. Adulta	7,9	-	-	7,9	3,2
Eucalyptus spp	0,9	20,6	-	21,5	8,7
Ciprés	2,1	-	-	2,1	0,8
Acacia	-	1,3	-	1,3	0,5
Arbustivas	-	33,4	-	33,4	13,6
Otras spp	0,7	-	-	0,7	0,3
Total	98,3	112,7	35,4	246,4	100,0
%	39,3	45,7	14,4	100,0	

Además de las especies mencionadas en el cuadro anterior, existen pequeños ensayos recientes con plantaciones de 1 año de *Grevillea robusta* y *Albizia* spp. en el sector de Vaitea y en una parcela particular en el sector de Maunga Orito.

Las plantaciones de eucalipto, a excepción de un rodal de 14,2 ha, plantado en el sector de Poike para proteger la erosión, son plantaciones adultas introducidas hace 20 o 30 años.

Los bosques se ubican mayoritariamente en el sector de Vaitea y Rano Kao, ocupando más de 2/3 del total (Ver Cuadro 12).

CUADRO 12.

Plantaciones de Eucalipto por Sector

Sector	Superficie (ha)			Total	%
	SASIPA	CONAF	PARTICULARES		
Papa Tekena-Anakena	1,3	11,9	-	13,2	9,2
Hotu Iti-Poike	18,2	1,7	-	19,9	13,8
Vaitea	50,8	-	-	50,8	35,3
Vaca Kipo	-	3,6	5,8	9,4	6,5
Tanga Roa-Orito	-	5,1	14,0	19,1	13,3
Rano Kao	-	15,9	15,6	31,5	21,9
Total	70,3	38,2	35,4	143,9	100,0
%	48,8	26,5	24,7	100,0	

SASIPA concentra el 48,8% de los bosques de eucalipto (70,3 ha), de los cuales, más del 70% se encuentran en el sector de Vaitea. Por su parte, CONAF tiene el 26,5% de la superficie, concentrada en los faldeos del volcán Rano Kao y en el sector de Anakena. Una superficie levemente inferior se encuentra en manos de particulares (24,7%), concentrándose de preferencia alrededor del área urbana de Hanga Roa.

4.2 Volúmenes.

El volumen cúbico total de los 57 rodales de eucalipto, inventariados en este estudio, alcanza a 66.521,9 m³ sólidos con corteza, hasta un índice de utilización de 3 cm.

Esta cantidad es muy superior a la indicada en el informe preliminar, porque como se verá más adelante, los rendimientos de los bosques resultaron ser bastante más altos que los considerados en ese informe.

Del total del volumen existente, SASIPA cuenta con 31.128,5 m³ s.c.c. dentro de los límites del fundo Vaitea, y representa el 46,8%. Por su parte, los rodales de CONAF totalizan 19.611,1 m³ s.c.c. con el 29,5%, en tanto que una cantidad similar de 15.782,3 m³ s.c.c. (23,7%) corresponde a bosques particulares (Ver Cuadro 13).

Los sectores de Poike, Vaitea y Rano Kao aparecen como los lugares de mayor concentración volumétrica, reuniendo en conjunto cerca del 80% del volumen existente. Individualmente, el sector de Vaitea se caracteriza tanto por el número de rodales que tiene, como por la superficie de plantaciones y el volumen que concentra. Desde el punto de vista de una utilización económica, es el sector más importante de la isla.

CUADRO 13.

Volumen Cúbico Total*
de las Plantaciones de Eucalipto

Sector	Volumen Cúbico (m ³ s.c.c.)			Total	%
	SASIPA	CONAF	PARTICULARES		
Papa Tekena-Anakena	266,6	3.532,1	-	3.798,7	5,7
Hotu Iti-Poike	12.676,9	1.271,1	-	13.948,0	21,0
Vaitea	18.185,0	-	-	18.185,0	27,3
Vaca Kipo	-	1.027,1	2.082,0	3.109,1	4,7
Tanga Roa-Orito	-	1.046,1	5.839,5	6.885,6	10,4
Rano Kao	-	12.734,7	7.860,8	20.595,5	30,9
Total	31.128,5	19.611,1	15.782,3	66.521,9	100,0
%	46,8	29,5	23,7	100,0	

* Volumen con corteza hasta un Índice de Utilización de 3 cm.

Desde el punto de vista de los rendimientos, las plantaciones de eucalipto de la isla producen en promedio 462,3 m³ s.c.c. por hectárea, variando significativamente entre las distintas localidades. Los sectores que aparecen como mayormente productivos están en los extremos de la isla y son la península de Poike y el volcán Rano Kao, donde se observan rendimientos entre 650 y 700 m³ s.c.c. Contrariamente, el sector menos productivo es Papa Tekena-Anakena con rendimientos inferiores a 300 m³ s.c.c./ha (Ver Cuadro 14).

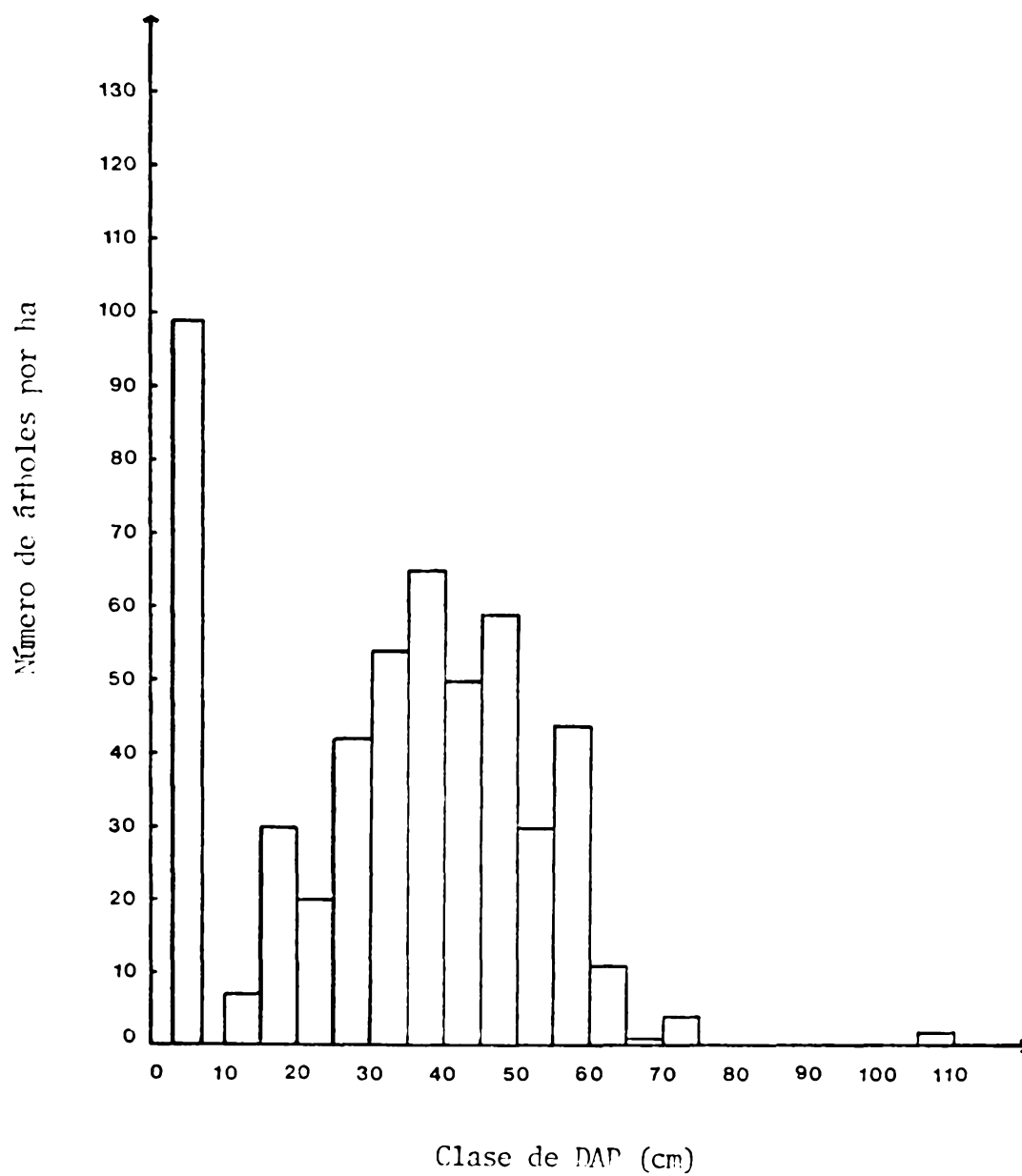


FIGURA 3. Distribución Diamétrica Promedio de las Plantaciones de Eucalipto.

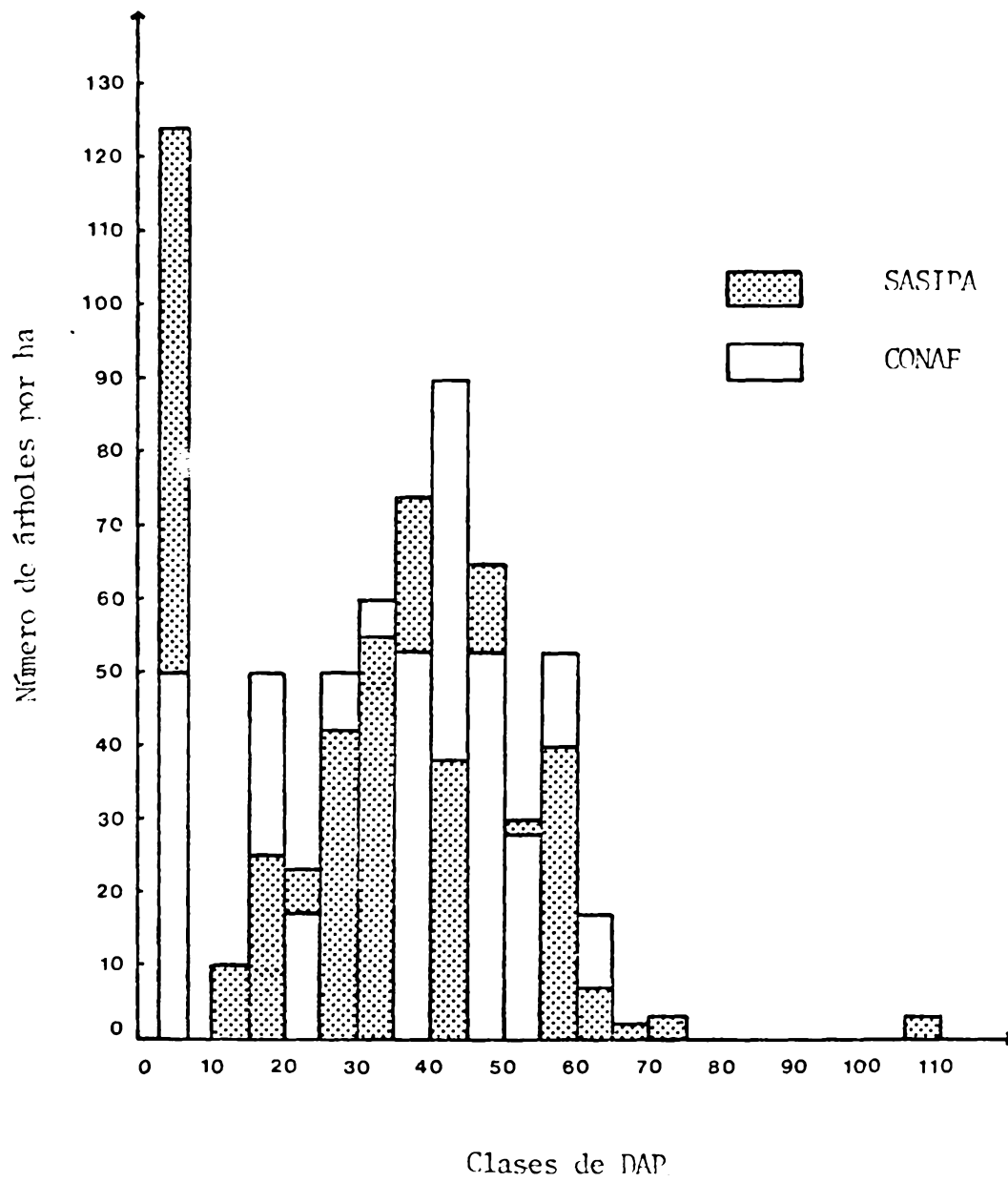


FIGURA 4. Distribución Diamétrica de las Plantaciones de Eucalipto de SASIPA y CONAF.

En su mayoría son bosques de monte alto, alguno de los cuales están siendo intervenidos con el fin de producir estacas para cerco y postes para el tendido eléctrico.

Sin embargo, la naturaleza de estas intervenciones no ha producido la transformación de las estructuras de los bosques en monte medio, puesto que en el caso de la producción de estacas, éstas se realizan utilizando, únicamente, los árboles provenientes de la regeneración natural que se produce alrededor de los rodales. Por su parte, los postes para el tendido eléctrico, se extraen del rodal que crece en los faldeos del volcán Rano Aroi, interviniendo los árboles de la plantación original. No obstante, la regeneración de los árboles cortados (retoñación) ha sido muy precaria, debido presumiblemente a la mala técnica de corte utilizada en la explotación de los árboles.

Exceptuando las plantaciones que se encuentran en terrenos particulares, el diámetro promedio de los rodales alcanza a 42 cm, con una distribución que fluctúa entre los 10 y 75 cm. En algunos rodales, se presentaron árboles con un diámetro superior a 1 m, pero corresponden a ejemplares mal formados, con ramas gruesas muy cerca del suelo.

La edad promedio de los rodales, se calculó en 31 años y fluctúa para más de un 80% de la superficie entre 28 y 36 años.

Por su parte, la altura promedio de los bosques alcanza a 22,6 m, fluctuando entre 13 y 31 m. Los rodales de SASIPA aparecen con un mejor desarrollo en altura, llegando a un promedio de 23,7 m en relación a los 19,7 m de los rodales de CONAF. En la Figura 5, se incluye el diagrama de dispersión de la relación altura-edad de los rodales muestreados, observándose una estrecha relación entre las características de crecimiento del bosque y la tendencia mostrada por los datos.

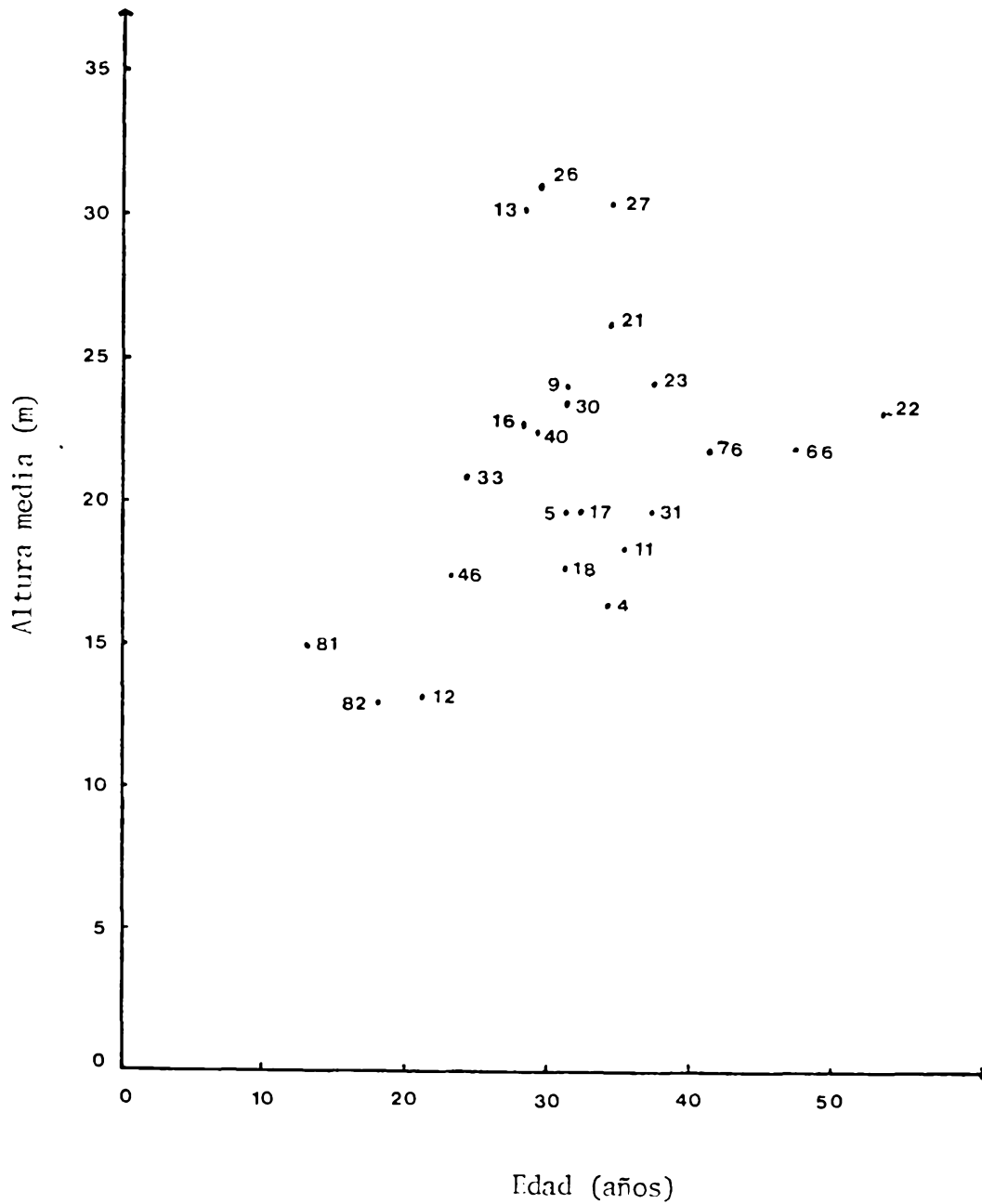


FIGURA 5. Relación Altura-Edad de los Rodales Muestreados.
(El número corresponde al rodal)

Las diferentes alturas que se observan para una misma edad, indican diferencias de sitio que se manifiestan preferencialmente con la exposición del rodal al viento preponderante. Rodales expuestos al viento presentan alturas promedio más bajas y mal formación de fustes. Los tres rodales que aparecen en la Figura 5 con alturas superiores a 30 m, crecen protegidos del viento.

En relación al crecimiento de las plantaciones, el sector de Hotu Iti-Poike aparece con el mayor crecimiento unitario de 22,8 m³/ha/año, en tanto que el más pobre lo constituye el sector de Papa Tekena-Anakena con 8,9 m³/ha/año (Ver Cuadro 15).

CUADRO 15.

Crecimiento Promedio de las Plantaciones

Sector	Crecimiento (m ³ s.c.c./ha/año)			Total
	SASIPA	CONAF	PARTICULARES	
Papa Tekena-Anakena	6,6	9,1	-	8,9
Hotu Iti-Poike	22,7	24,1	-	22,8
Vaitea	11,5	-	-	11,5
Vaca Kipo	-	8,9	10,4	9,8
Tanga Roa-Orito	-	6,6	12,2	10,7
Rano Kao	-	19,6	10,7	15,2
Total	14,3	13,8	11,2	13,4

El crecimiento promedio de las plantaciones de la isla, alcanza a 13,4 m³/ha/año, fluctuando en un rango que va desde 6,6 hasta 24,1 m³/ha/año.

Las plantaciones de SASIPA crecen en promedio 14,3 m³ anuales, en tanto que el sector de Vaitea tiene un promedio de 11,5 m³/ha al año.

Estos crecimientos son considerablemente más bajos que los que pueden alcanzar las plantaciones en el continente. Por ejemplo, Rojas y Hernández (1982) evaluaron plantaciones de 15 años en el predio Leonera, al norte de Concepción, encontrando un crecimiento promedio de 33,7 m³/ha/año.

Indudablemente que esta menor productividad está relacionada directamente con la menor fertilidad de los suelos de Isla de Pascua.

4.4 Potencial Energético.

De acuerdo con las estimaciones que se hicieron en la sección 3.2.2, el peso de la madera de eucalipto para un contenido de humedad promedio del 40%, sería de 952 Kg/m³. Con esta cifra, el material leñoso total existente en la isla alcanza a poco más de 63.600 toneladas, de las cuales 29.900 toneladas corresponden a las plantaciones de SASIPA (Ver Cuadro 16).

Del mismo modo, en la sección 3.2.4 se estableció que por cada mil metros cúbicos de madera se generan 3,0 teracalorías de energía, sin considerar pérdidas en el proceso de conversión. Este factor de reducción, permite estimar que el potencial energético de las plantaciones de la isla alcanza a 199,5 Tcal de energía, de las cuales 93,4 Tcal corresponden a las plantaciones de SASIPA (Ver Cuadro 17).

Este potencial energético expresado en KWH,* generaría 232 millones de KWH, de los cuales, las plantaciones de SASIPA podrían generar 108,6 millones; las plantaciones de CONAF 68,4 millones y las plantaciones pertenecientes a particulares 55,0 millones de KWH.

Sin embargo, la disponibilidad energética real que pueden generar las plantaciones de la isla, es bastante menor que las cifras señaladas, puesto que ello depende fundamentalmente del sistema de conversión empleado y de la eficiencia del proceso dentro de este sistema.

CUADRO 16.

Material Leñoso Existente

Sector	Material leñoso (toneladas)			Total
	SASIPA	CONAF	PARTICULARES	
Papa Tekena-Anakena	253,8	3.362,6	-	3.616,4
Hotu Iti-Poike	12.354,0	1.210,1	-	13.564,1
Vaitea	17.312,1	-	-	17.312,1
Vaca Kiro	-	977,8	1.982,1	2.959,9
Tanga Roa-Orito	-	995,9	5.559,2	6.555,1
Rano Kao	-	12.123,4	7.483,5	19.606,9
Total	29.919,9	18.669,8	15.024,8	63.614,5

* 1 Tcal = 1,163 millones de KWH.

CUADRO 17.

Potencial Energético de las Plantaciones

Sector	Energía (Tcal)			Total
	SASIPA	CONAF	PARTICULARES	
Papa Tekena-Anakena	0,8	10,6	-	11,4
Hotu Iti-Poike	38,0	3,8	-	41,8
Vaitea	54,6	-	-	54,6
Vaca Kipo	-	3,1	6,2	9,3
Tanga Roa-Orito	-	3,1	17,5	20,6
Rano Kao	-	38,2	23,6	61,8
Total	93,4	58,8	47,3	199,5

Uno de estos sistemas es la gasificación de la madera, que de acuerdo a estudios realizados en USA, la eficiencia de conversión para equipos convencionales de generación de electricidad a partir de madera, es alrededor de un 25%. Esta estimación incluye la eficiencia de la caldera, la eficiencia del ciclo de vapor y requerimientos auxiliares de poder (Karchesy y Koch, 1979).

Como no se conoce aún, la eficiencia de conversión del gasificador que se proyecta instalar en la isla, se ha preferido estimar la disponibilidad energética de las plantaciones para tres niveles diferentes de eficiencia, estableciendo con ello márgenes de seguridad para los cálculos posteriores. Los niveles de eficiencia de conversión son 15, 20 y 25%.

De esta forma, la cantidad de combustible necesario para generar un kilowatt-hora (KWH), utilizando madera con un contenido de humedad del 40%, sería igual a :

$$K = \frac{859,9^*}{P_c * FC} \quad (12)$$

donde :

K = Cantidad de combustible necesario para generar 1 KWH (Kgs).

P_c = Poder calorífico inferior de la madera con un contenido de humedad del 40% (3.149 Kcal/Kg).

FC = Eficiencia de conversión (15, 20 o 25% expresado en decimales).

Al aplicar la ecuación (12) a los distintos factores de conversión, resultan las siguientes cantidades de combustible :

Eficiencia de conversión (%)	Combustible necesario (Kgs por KWH)
15	1,82
20	1,36
25	1,09

La disponibilidad energética real de las plantaciones de Isla de Pascua, usando un gasificador con estos requerimientos de madera (diferentes eficiencias de conversión) se resume en el Cuadro 18.

* 1 KWH = 859,9 Kcal

CUADRO 18.

Potencial Energético Real de las
Plantaciones por Tipo de Gasificador

Tipo de Gasificador	FC	Energía (millones de KWH)			Total
		SASIPA	CONAF	PARTICULARES	
1,82 Kgs por KWH	15%	16,4	10,3	8,3	35,0
1,36 Kgs por KWH	20%	22,0	13,7	11,0	46,7
1,09 Kgs por KWH	25%	27,4	17,1	13,8	58,3

Los resultados indican que la totalidad de las plantaciones de la isla, podrían generar entre 35,0 y 58,3 millones de KWH, lo cual es extraordinariamente importante si se considera que el consumo actual promedio de electricidad es alrededor de 2,0 millones de KWH al año. Esto significa que de mantenerse el actual consumo de energía, las plantaciones podrían autoabastecer este requerimiento durante los próximos 17 o 29 años, en el mejor de los casos. Sólo las plantaciones de SASIPA, podrían generar energía para los próximos 8 o 14 años.

Este valor energético de las plantaciones es importante, porque da solución a un problema inmediato, como es el reemplazo de los 800.000 lts de petróleo que se consumen anualmente en la producción de electricidad. Pero, sólo debe considerarse como un respaldo apreciable hacia el autoabastecimiento energético sostenido, por cuanto, la superficie plantada sólo daría solución a los requerimientos energéticos de los próximos 20 años.

CUADRO 19.

Proyección del Consumo de Energía y Tasa de Explotación del Bosque
para los próximos 10 años.

Año	Consumo de Energía (Mill. KWH)	Consumo de leña (toneladas)			Crecimiento Plantaciones m ³ /ha	Rendimiento leña (ton/ha)	Corta Anual (ha)		
		Gasificador 1,82 Kgs/KWH	Gasificador 1,36 Kgs/KWH	Gasificador 1,09 Kgs/KWH			Gasifi. 1,82 Kgs	Gasifi. 1,36 Kgs	Gasifi. 1,09 Kgs
1984	2.06	3.749,2	2.801,6	2.245,4	475,7	452,9	8,3	6,2	5,0
1985	2.12	3.858,4	2.883,2	2.310,8	489,1	465,6	8,3	6,2	5,0
1986	2.19	3.985,8	2.978,4	2.387,1	502,5	478,4	8,3	6,2	5,0
1987	2.25	4.095,0	3.060,0	2.452,5	515,9	491,1	8,3	6,2	5,0
1988	2.32	4.222,4	3.155,2	2.528,8	529,3	503,9	8,4	6,3	5,0
1989	2.39	4.349,8	3.250,4	2.605,1	542,7	516,7	8,4	6,3	5,0
1990	2.46	4.477,2	3.345,6	2.681,4	556,1	529,4	8,5	6,3	5,1
1991	2.53	4.604,6	3.440,8	2.757,7	569,5	542,2	8,5	6,3	5,1
1992	2.61	4.750,2	3.549,6	2.844,9	582,9	554,9	8,6	6,4	5,1
1993	2.69	4.895,8	3.658,4	2.932,1	596,3	567,7	8,6	6,4	5,2
Total Período	23,62	42.988,4	32.123,2	25.745,8			84,2	62,8	50,5

Consumo de Electricidad Actual : 2,0 millones de KWH por Año
Tasa de Crecimiento del Consumo : 3% al año
Tasa de Crecimiento del bosque : 13,4 m³/ha al año (2,9%)
Rendimiento del bosque : 462,3 m³/ha
Peso de la madera : 952 Kgs/m³

Una proyección del consumo eléctrico para los próximos 10 años, considerando un incremento del 3% anual, indica que los requerimientos de energía se elevarían por sobre los 2,5 millones de KWH al año, demandando la utilización de una superficie de bosque entre 50 y 84 ha en el período, lo que significa una explotación promedio anual entre 5,0 y 8,4 ha de plantaciones. Vale decir, que al final de los 20 años se habría cosechado casi la totalidad del recurso actualmente existente (Ver Cuadro 19).

A esto habría que agregar las explotaciones para la producción de estacas y postes, que aunque son mínimas, constituyen un uso alternativo de la madera que no puede obviarse.

Todo lo anterior, lleva a concluir que la mejor alternativa para el uso del bosque como insumo energético sostenido, es la utilización de las actuales plantaciones por un período de tiempo que permita el establecimiento de nuevas plantaciones, destinadas exclusivamente a la producción de energía. Esto favorecería aspectos tales como concentración del recurso, disminución de los costos de explotación y transporte, manejo de las plantaciones y utilización de terrenos actualmente incultos.

En el capítulo siguiente se analizan las variables a considerar para el establecimiento de estas nuevas plantaciones.

5. ESTABLECIMIENTO DE NUEVAS PLANTACIONES

5.1 Especie y Rotación.

La elección de especies para la producción de energía no es un problema de fácil solución, puesto que son muchas las variables que se deben considerar, requiriendo en la mayoría de los casos, la planificación de ensayos de plantación para conocer su comportamiento frente al medio.

En general, las especies más promisorias, son las especies nativas del lugar, que se han adaptado a las condiciones del medio ambiente, siendo por lo tanto, las más conocidas, disponibles y resistentes.

Sin embargo, en algunos medio-ambientes degradados, como Isla de Pascua, las especies nativas han desaparecido, o bien, no presentan las características de crecimiento y valor calorífico adecuados a los requerimientos energéticos.

Frente a este tipo de casos, la introducción de especies debe considerar los siguientes aspectos :

- 1) Características físicas del combustible.
 - a. Sanidad-libre de pudrición
 - b. Comportamiento de la quema en cuanto a :
 - Combustión - % de cenizas
 - Ausencia de chispas
 - Intensidad y duración del calor
 - Ausencia de olor y humo
 - c. Tasa de secado

- d. Densidad y Porosidad de la madera
 - e. Poder calorífico
- 2) Características de la especie.
- a. Rapidez de crecimiento - rotaciones cortas
 - b. Fácil propagación y reproducción
 - c. Bajo costo de producción
 - d. Disponibilidad de semillas
 - e. Técnicas probadas de establecimiento y mantención

Analizando la mayoría de estos factores, la National Academy of Sciences de U.S.A., en un panel sobre Especies Arbustivas y Arbóreas para la Producción de Energía (1980), seleccionó una serie de especies que reúnen las mejores condiciones para este tipo de cultivos (Ver Cuadro 20).

Las especies seleccionadas por la NAS están orientadas a los climas tropicales y áridos o semi-áridos, pero muchas de ellas, especialmente las de clima tropical, pueden también ser probadas en Isla de Pascua que tiene un clima templado cálido. Dentro de estas especies, cabe destacar el nombre de *Leucaena leucocephala*, especie originaria del sur de México que fue introducida con mucho éxito en Filipinas, Islas del Pacífico, Indonesia, Nueva Guinea y Malasia. La madera de *Leucaena* produce un excelente carbón y leña y está siendo usada en las Filipinas como combustible para generadores eléctricos, fábricas, agricultura, etc. Tiene un incremento anual que fluctúa entre 24 y 100 m³/ha/año, con un promedio que puede variar entre 30 - 40 m³/ha/año. Su valor calorífico es 4.200 - 4.600 Kcal/Kg y tiene una madera de alta densidad.

CUADRO 20.

Algunas Especies Recomendadas
para la Producción de Energía *.

Especie	Crecimiento m ³ /ha/año	Temperatura °C	Altitud m s.n.m.	Precipitación mm/año
<u>Zonas Tropicales</u>				
Acacia auriculiformis	17 - 20	26 - 30	> 600	1.500-1.800
Casuarina equisetifolia	s/i	10 - 33	0-1.500	700-2.000
Gmelina arborea	20 - 35	52	> 1.000	750-4.500
Leucaena leucocephala	30 - 40	trópico	< 500	600-1.700
Mimosa scabrella	s/i	subtropical	> 1.000	s/i
Ailanthus altissima	s/i	subtrropical	0-2.000	350- 600
Alnus rubra	17 - 21	0 - 25	< 750	600-3.000
Eucalyptus globulus	10 - 30	templado	> 500	800-1.500
Grevillea robusta	15	20	0-2.300	700-1.500
<u>Zonas Áridas y Semiáridas</u>				
Acacia brachystachya	s/i	4 - 40	0-600	200- 300
Acacia ciclops	s/i	5 - 31	< 300	200- 800
Acacia saligna	2 - 10	23 - 36	0-300	350- 600
Albizzia lebbeck	5	s/i	0-1.600	500-2.000
Azadirachta indica	s/i	0 - 44	50-1.500	450-1.150
Cassia siamea	15	s/i	< 200	500- 700
Eucalyptus camaldulensis	25 - 30	templado	> 1.200	200-1.250
Eucalyptus citriodora	15	29 - 35	0-900	> 900
Eucalyptus gomphocephala	6 - 7	templado	> 2.000	600-1.000
Pinus halepensis	8 - 12	templado	< 1.000	250- 800
Prosopis alba	7	15	> 1.000	100- 500
Prosopis tamarugo	s/i	12 - 36	1.000-1.500	< 10

* Fuente : Shrub and Tree Species for Energy Production
National Academy of Sciences, 1980.

Para el caso de Isla de Pascua, el camino más aconsejable sería la formación del recurso con la especie *Eucalyptus globulus*, que a luz de los antecedentes que se tienen, ha probado adaptarse bien a las condiciones del medio ambiente, y paralelamente realizar ensayos de introducción con otras especies que presenten mejores condiciones que eucalipto, como por ejemplo, *Leucaena leucocephala*.

En cuanto a la edad de rotación de estas plantaciones, es normal un período de alrededor de 10 años, que fluctúa con la calidad del suelo, es pecie usada, temperatura, humedad disponible y la intensidad de cultivo. Rotaciones inferiores a 5 años parecen factibles en muchas áreas, especial mente para aquellas especies que regeneran por retoñación. En Brasil, por ejemplo, se están manejando más de 200.000 ha de plantaciones de *Eucalyptus grandis* con rotaciones de 5 - 7 años, para producir carbón.

Para los efectos de este estudio, las plantaciones nuevas de eucalipto se evaluarán sobre la base de una rotación de 10 años, que de acuerdo al crecimiento promedio medido en el inventario, podrían entregar al final del período un rendimiento de 134 m³/ha o el equivalente a 127,6 toneladas de leña por hectárea.

5.2 Tasa de Forestación.

La tasa de forestación corresponde a la superficie que deberá ser forestada para satisfacer en forma sostenida el consumo energético anual de la isla.

Una rotación de 10 años, significa que la superficie plantada deberá satisfacer los requerimientos energéticos anuales esperados para la siguien te década, después de finalizar la plantación.

Según antecedentes de SASIPA, el consumo anual de energía no se ha incrementado en los últimos años, llegando incluso a disminuir levemente. Sin embargo, es difícil suponer que durante los próximos 20 años no se registre algún aumento, por lo cual, se ha supuesto una tasa de crecimiento del consumo eléctrico del 3% anual, basándose en que la tasa nacional corresponde a un incremento superior al 7% por año.

De este modo, al final de los 10 años, las plantaciones nuevas deberán satisfacer una demanda de energía entre 2,77 y 3,61 millones de KWH anuales. La tasa de forestación para este consumo, según la eficiencia del gasificador que se use, se calcula de la siguiente expresión :

$$TF = \frac{Co * Ef * 1.000}{Re} \quad (13)$$

donde :

- TF = Tasa de forestación anual, ha
- Co = Consumo de energía anual, millones de KWH
- Ef = Eficiencia de conversión del gasificador (número de Kgs de leña para generar 1 KWH), Kgs/KWH.
- Re = Rendimiento de leña de la plantación, ton/ha
- 1000 = Factor de conversión

Los resultados indican que dependiendo de la eficiencia del gasificador, 15,20 o 25%, se requiere formar una masa boscosa con una superficie variable de 453, 338 o 271 ha, respectivamente. Las tasas anuales de forestación se indican en el Cuadro 21.

CUADRO 21.

Tasa de Forestación según tipo de gasificador

Año	Consumo de Energía (mill. KWH)	Consumo de leña (ton)			* Tasa de Forestación período 1984-1993 (Cosecha Anual período 1994-2003) (ha)		
		1,82 Kg/KWH	1,36 Kg/KWH	1,09 Kg/KWH	1,82 Kg/KWH	1,36 Kg/KWH	1,09 Kg/KWH
1994	2,77	5.041,4	3.767,2	3.019,3	39,5	29,5	23,7
1995	2,85	5.187,0	3.876,0	3.106,5	40,7	30,4	24,3
1996	2,94	5.350,8	3.998,4	3.204,6	41,9	31,3	25,1
1997	3,03	5.514,6	4.120,8	3.302,7	43,2	32,3	25,9
1998	3,12	5.678,4	4.243,2	3.400,8	44,5	33,3	26,7
1999	3,21	5.842,2	4.365,6	3.498,9	45,8	34,2	27,4
2000	3,31	6.024,2	4.501,6	3.607,9	47,2	35,3	28,3
2001	3,40	6.188,0	4.624,0	3.706,0	48,5	36,2	29,0
2002	3,51	6.388,2	4.773,6	3.825,9	50,1	37,4	30,0
2003	3,61	6.570,2	4.909,6	3.934,9	51,5	38,5	30,8
Totales	31,75	57.785,0	43.180,0	34.607,5	452,9	338,4	271,2

- Consumo proyectado para 1993 : 2,69 millones de KWH
- Rendimiento de la plantación con 10 años : 134 m³/ha
- Producción de leña de la plantación con 10 años : 127,6 ton/ha

* Los datos de esta columna corresponden a la tasa de forestación anual del período 1984-1993, y al mismo tiempo, la cosecha anual para el período siguiente 1994-2003.

El resumen de lo que significa la alternativa de utilizar las actuales plantaciones como insumo, mientras se forma la plantación definitiva, se muestra en el Cuadro 22.

En general, para los próximos 10 años el consumo de energía se elevará en el período por sobre los 23 millones de KWH, requiriéndose una tasa de explotación de las plantaciones existentes variable entre 50 y 85 ha, según el tipo de gasificador. La superficie de forestación para este período equivale a 5 veces la cosecha, independiente de la eficiencia del gasificador que se utilice.

5.3 Localización.

La ubicación de las plantaciones debe considerar la maximización de los siguientes aspectos prioritarios :

- a. Disponibilidad de tierras para la forestación
- b. Continuidad de la masa
- c. Cercanía a la planta industrializadora

De acuerdo con el estudio de Alcavaga y Narbona (1969), la superficie susceptible de ser forestada alcanza a 3.703,6 ha, repartidas en toda la isla. Los sectores de mayor concentración en orden de importancia, son los faldeos de Maunga Terevaka, sector nor- oeste del Vaka Kipo; cerros de Maunga o Tuu y Te Kau Hanga Varu, faldeos de Rano Kao, Puakatiki, Maunga Orito y los cerros de Vai Ohao.

Sin embargo, si se incluyen algunos terrenos de otras clases de capacidad de uso, principalmente Clase VI, para dar continuidad a la superficie susceptible de ser forestada, aparecen dos grandes sectores poten -

ciales para la forestación : todo el faldeo del Maunga Terevaka comprendido dentro de los actuales límites del fundo Vaitea, hasta el camino que conduce a Anakena, y todo el faldeo del volcán Rano Kao.

En cuanto a la cercanía de estos sectores a la planta industrializadora, indudablemente que los faldeos de Rano Kao constituyen la mejor alternativa para forestar, puesto que la planta eléctrica se ubica en el recinto militar de Mataverí, entre el volcán y el aeropuerto.

Sin embargo, no se puede desconocer que los terrenos del volcán Rano Kao están declarados Parque Nacional, por lo cual, no estarían disponibles para una forestación con fines de producción.

Esto lleva a concluir que el sector más adecuado para una forestación masiva con fines productivos, conjugando la potencialidad y uso actual de los terrenos, continuidad y cercanía a la planta, es el sector Maunga o Tuu y Te Kau Hanga Varu comprendido dentro de los límites de Vaitea y el camino que conduce a Anakena. La distancia promedio entre este sector y la planta eléctrica es inferior a 12 Km.

Este sector tiene además la ventaja de estar inmediatamente aledaño a los rodales de Vaitea, que serían utilizados mientras se instala la nueva plantación.

CUADRO 22.

Tasa de Explotación y Forestación para el período 1984-1993,
según Tipo de Gasificador

Año	Consumo de energía (mill.KWh)	Tipo de Gasificador								
		1,82 Kg/KWh			1,36 Kg/KWh			1,09 Kg/KWh		
		Consumo leña (ton)	Cosecha * (ha)	Forestación ** (ha)	Consumo leña (ton)	Cosecha (ha)	Forestación (ha)	Consumo leña (ton)	Cosecha (ha)	Forestación (ha)
1984	2,06	3.749,2	8,3	39,5	2.801,6	6,2	29,5	2.245,4	5,0	23,7
1985	2,12	3.858,4	8,3	40,7	2.883,2	6,2	30,4	2.310,8	5,0	24,3
1986	2,19	3.985,8	8,3	41,9	2.978,4	6,2	31,3	2.387,1	5,0	25,1
1987	2,25	4.095,0	8,3	43,2	3.060,0	6,2	32,3	2.452,5	5,0	25,9
1988	2,32	4.222,4	8,4	44,5	3.155,2	6,3	33,3	2.528,8	5,0	26,7
1989	2,39	4.349,8	8,4	45,8	3.250,4	6,3	34,2	2.605,1	5,0	27,4
1990	2,46	4.477,2	8,5	47,2	3.345,6	6,3	35,3	2.681,4	5,1	28,3
1991	2,53	4.604,6	8,5	48,5	3.440,8	6,3	36,2	2.757,7	5,1	29,0
1992	2,61	4.750,2	8,6	50,1	3.549,6	6,4	37,4	2.844,9	5,2	30,0
1993	2,69	4.895,8	8,6	51,5	3.658,4	6,4	38,5	2.932,1	5,2	30,8
Totales	23,62	42.988,4	84,2	452,9	32.123,2	62,8	338,4	25.745,8	50,5	271,2

* Tasa de explotación de las plantaciones existentes.

** Corresponde a la tasa de explotación para el período 1994-2003.

5.4 Costos de Producción.

Aun cuando se sabe que la estructura de precios de Isla de Pascua es diferente a la que se da en el resto del país, se ha estimado conveniente mencionar algunas cifras sobre esta materia, tomando como marco de referencia las plantaciones de eucalipto del continente.

Es de interés que estos valores sirvan de referencia para indicar de algún modo la importancia que representa la sustitución del petróleo en la generación de energía.

Los costos que más adelante se indican, así como las cifras de rendimiento, corresponden a los valores promedio que se estiman para la producción de madera de eucalipto en la VIII Región del país.

1) Producción de Plantas.

Tomando como base los requerimientos de forestación y reforestación anual para el período (Ver Cuadro 22), y considerando una densidad de plantación de 1.100 árboles por hectárea, se necesitaría la creación de un vivero con una capacidad inicial de producción de 50.000 plantas anuales, para terminar al final del período con 70.000 plantas al año.

El costo de producción de plantas de eucalipto en macetas, varía entre \$ 4.- y \$ 6.- por planta.

Las semillas se pueden importar directamente desde Australia, a un costo aproximado de US\$ 60/Kg. Con un kilo de semillas se puede esperar una producción de 20.000 plantas.

2) Costo de Forestación.

El costo de forestación entregado por CONAF para la temporada 1982-83, para plantaciones con una densidad de 1.100 árboles por hectárea, es de \$ 10.672.-/ha. Este costo incluye las siguientes faenas :

- Producción de plantas (visto anteriormente)
- Preparación del terreno
- Plantación
- Cercado
- Limpia de plantaciones
- Implementación de faenas
- Control de conejos
- Gastos generales
- Asesoría profesional

Dependiendo del tipo de gasificador que se instale, la tasa de forestación variará entre 23 y 51 ha al año, más una tasa de reforestación anual entre 5,0 y 8,6 ha.

3) Costo de Administración y Manejo.

Al menos durante la primera rotación, las plantaciones no requerirán ningún tipo de manejo. Para una segunda rotación, habría que considerar quizás, faenas de clareo y raleo.

Por lo tanto, los gastos de administración pueden supeditarse fundamentalmente a la vigilancia, para la cual CONAF establece un valor anual de \$ 394/ha.

Durante el establecimiento de la plantación, la vigilancia puede realizarse con media jornada, para terminar con una persona dedicada, exclusivamente cuando se haya completado la formación del bosque.

4) Costo de Explotación y Transporte.

Para abastecer el consumo eléctrico anual, se requiere una tasa de explotación entre 5,0 y 8,6 ha por año, lo cual significa una producción de 2.500 - 5.000 m³ anuales (10 - 20 m³/día).

Como este es un nivel de producción pequeño, no se requieren grandes inversiones en maquinarias como tractor articulado y grúa para el carguío de camiones.

Una cuadrilla de explotación formada por 1 motosierrista, 1 colero (ayudante del motosierrista), 2 acanchadores con 2 yuntas de bueyes, produce en promedio 20 m³ diarios acanchados a orilla de camino, con un costo que puede variar entre \$ 400 y \$ 600/m³. Este costo incluye jornales, valor de la motosierra, repuestos, combustibles, valor de los bueyes y su alimentación.

El transporte de la madera a la planta gasificadora puede realizarse con un camión de 12 toneladas de carga, que transporta en promedio 10 m³ de madera, con un costo también promedio de \$ 300/m³ para una distancia de 12 Km, incluyendo el carguío manual de la madera. Este costo como mínimo podría llegar a \$ 200/m³, para distancias menores.

5) Costo Total por Kg de leña y por KWH.

En el supuesto caso, que los costos entregados anteriormente sean representativos para los requerimientos de energía y forestación del proyecto (Ver Cuadro 22), el costo total del KWH antes de la gasificación variaría entre \$ 1,07 v \$ 1,78, según el tipo de gasificador que se emplee (Ver Cuadro 23).

Aun cuando este costo no es propio de Isla de Pascua, se podría comparar con el costo del KWH utilizando el precio del petróleo en el continente, de lo que resulta un valor aproximado de \$ 13/KWH (\$29/lt de petróleo * 0,45 lts/KWH). La relación entre ambos precios indicaría que la utilización del petróleo sería entre 7 y 12 veces más caro que el uso de madera en la producción de la energía eléctrica.

El costo real para Isla de Pascua, deberá calcularse con el aporte de mayores antecedentes sobre el precio de los insumos en la isla y considerando las inversiones iniciales en maquinarias, equipos y puesta en marcha del sistema.

CUADRO 23.

Gastos Anuales Promedio del Proyecto*

Item	Tipo de Gasificador		
	1,82 Kg/KWH	1,36 Kg/KWH	1,09 Kg/KWH
Requerimientos			
Forestación (ha)	45,3	33,8	27,1
Cosecha (Reforestación) (ha)	8,4	6,3	5,1
Volumen (m ³)	4.516	3.374	2.704
Consumo Energía (mill.KWH)	2,362	2,362	2,362
Consumo de leña (ton)	4.299	3.212	2.575
Gastos Anuales (\$)			
Forestación (\$ 10.672/ha)	483.442	360.714	289.211
Reforestación (\$ 10.672/ha)	89.645	67.234	54.427
Adm. y Manejo (\$ 394/ha)	21.158	15.799	12.687
Explotación (\$ 500/m ³)	2.258.000	1.687.000	1.352.000
Transporte (\$ 300/m ³)	1.354.800	1.012.200	811.200
Total (\$)	4.207.045	3.142.947	2.519.525
Costo por Ton (\$)	978,6	978,5	978,5
Costo por KWH (\$)	1,78	1,33	1,07

* Valores de costo aproximados para las plantaciones de eucalipto del continente.

6. CONCLUSIONES

6.1 Acerca de la Superficie.

1. La superficie cubierta con plantaciones alcanza a 246,4 ha en toda la isla, y representa el 1,5% de la superficie total.

2. Del total plantado, los bosques de eucalipto cubren 158,1 ha, de las cuales, 143,9 ha corresponden a plantaciones adultas y 14,2 ha a plantaciones nuevas.

3. Las especies que más se destacan, fuera de eucalipto son : Miro tahiti (*Melia azederach*); Ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y Acacia (*Acacia spp*).

4. Las plantaciones de eucalipto de SASIPA totalizan 70,3 ha y representan el 48,8% de los bosques de esta especie en la isla. Del resto de la superficie, CONAF administra 38,2 ha (26,5%), quedando 35,4 ha en manos de particulares (24,9%).

5. Los sectores de mayor concentración de plantaciones de eucalipto son Vaitea con 50,8 ha; Rano Kao 21,9 ha y Poike 19,9 ha.

6. El fundo Vaitea de SASIPA tiene una superficie de 8.737,9 ha y representa el 52,5% de la superficie total de la isla.

7. Los bosques de eucalipto dentro del fundo Vaitea representan poco menos del 1% de la superficie.

6.2 Acerca del Volumen.

8. El volumen total de las plantaciones de eucalinto alcanza a 66.521,9 m³ sólidos con corteza, para un índice de utilización de 3 cm.

9. Las plantaciones de SASIPA concentran el 46,8% del volumen total existente, mientras que CONAF concentra el 29,5% y los particulares el 23,7%.

10. Cerca del 80% del volumen se encuentra en los sectores de Rano Kao, Vaitea y Poike.

11. Las plantaciones que tienen el más alto rendimiento promedio (650 - 700 m³/ha) se encuentran en sectores de Rano Kao y Poike.

12. El rendimiento promedio de las plantaciones de la isla alcanza a 462 m³/ha, con un rango que fluctúa entre 280 - 700 m³/ha.

13. Las plantaciones de Vaitea tienen un rendimiento inferior al 20% del rendimiento promedio de la isla.

14. Las plantaciones del sector Papa Tekena-Anakena tienen los rendimientos más bajos observados.

6.3 Acerca de la Estructura de los Rodales.

15. Las plantaciones de eucalipto corresponden a bosques de estructura coetánea, cuya distribución diamétrica sigue la tendencia de una curva de distribución normal.

16. El diámetro promedio de los rodales alcanza a 42 cm, con un rango que fluctúa entre 10 - 75 cm.

17. La edad promedio de los rodales es de 31 años y fluctúa para más de un 80% de la superficie entre 28 - 36 años.

18. La altura promedio del bosque alcanza a 22,6 m, fluctuando entre 13 - 31 m. Los rodales de SASIPA aparecen con un mejor desarrollo en altura, llegando a un promedio de 23,7 m, en relación a los 19,7 m de los rodales de CONAF.

19. Una buena estructura del bosque está asociada a sitios protegidos del viento predominante.

20. El crecimiento promedio de las plantaciones alcanza a 13,4 m³/ha/año, fluctuando en un rango que va desde 6,6 hasta 24,1 m³/ha/año.

21. El sector que tiene las mejores tasas de crecimiento es Poike, seguido de Rano Kao y Vaitea.

6.4 Acerca del Potencial Energético.

22. Utilizando toda la madera disponible de las plantaciones, la cantidad de combustible que se puede obtener alcanza a 63.614,5 toneladas, de las cuales cerca de 30 mil toneladas provienen de las plantaciones de SASIPA.

23. Esta cantidad de combustible representa un potencial total de 199,5 Tcal de energía.

24. La cantidad de combustible necesario para generar 1 KW^h de electricidad, mediante un proceso de gasificación con una eficiencia de conversión de 15, 20 y 25%, es igual a 1,82; 1,36 y 1,09 Kgs, respectivamente.

25. Con estos requerimientos las plantaciones podrían generar entre 35 - 58 millones de KW^h de electricidad, que frente al actual consumo representa un autoabastecimiento energético para los próximos 17 o 29 años.

26. La tasa de explotación de las plantaciones necesaria para generar el consumo eléctrico anual, varía entre 5,0 y 8,4 ha por año

27. Para un autoabastecimiento energético sostenido se requiere la implementación de un programa de forestación con eucalipto entre 20 y 50 ha anuales, durante un período de 10 años.

28. Como alternativa a la especie eucalipto se recomienda estudiar el comportamiento de otras especies, como por ejemplo, *Leucaena leucoccephala*, mediante la instalación de ensayos de introducción.

B I B L I O G R A F I A

1. ALCAYAGA C.S. Y NARBONA G.M. 1969. Reconocimiento Detallado de Suelos de la Isla de Pascua. Publicación Técnica N° 3. Departamento de Agricultura y Agroindustrias. CORFO. 2a. Edición 1975. 53 pp. Anexos y Mapas.
2. BASSO A. Y QUEZADA A. 1970. Tablas de Factores de Conversión. Manual N° 7. Departamento Industrias y Productos Forestales, Instituto Forestal. 97 pp.
3. COVACEVIC R. 1979. Poder Calorífico de Pino Insigne y Otras Especies Forestales Chilenas. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 72 pp.
4. CONAF - FAO. 1976. Plan de Manejo Parque Nacional Rapa Nui. Proyecto FAO/RLAT/TF - 199. Documento Técnico de Trabajo N° 20. 72 pp.
5. ETIENNE M et al. 1982. Flora, Vegetación y Potencial Pastoral de Isla de Pascua. Boletín Técnico N° 47. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. 29 pp.
6. FERREIRA R, O. 1973. Recopilación de Tablas de Volumen para Especies Nativas. Informe Técnico N° 43. Instituto Forestal. 56 pp.
7. FUENZALIDA P., H. 1971. Climatología de Chile. Departamento de Geofísica, Universidad de Chile. 73 pp.
8. INSTITUTO FORESTAL. 1980. Determinación del Potencial Energético de los Recursos Leñosos entre la V y X Región del País. Trabajo preparado para la Comisión Nacional de Energía. 109 pp.
9. KARCHESY J. Y KOCH P. 1979. Energy Production from Hardwoods Growing on Southern Pine Sites. General Technical Report SO-24. U.S. Department of Agriculture Forest Service. 59 pp.

10. LISBOA H. 1960. Construcción Tabla de Volumen para Eucalyptus globulus. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.
11. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1980. Firewood Crops. Shrub and Tree Species for Energy Production. Panel on Firewood Crops. 237 pp.
12. PETERS R. 1974. Prueba y Corrección de las Tablas de Volumen para Pino Insigne. Informe Técnico N° 55. Departamento Inventarios y Mensura. Instituto Forestal. 42 pp.
13. ROJAS P. Y HERNANDEZ M. 1982. Estudio de Crecimiento y Productividad de Cuatro Especies de Eucalyptus en la Zona Centr-Sur de Chile. División Silvicultura. Instituto Forestal. 35 pp.
14. SUDZUKI F. 1979. Vegetación Arbórea y Erosión en la Isla de Pascua. Boletín Técnico N° 45. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. 3 - 8 pp.
15. TORRICELLI E. 1941. Propiedades Físicas y Mecánicas de las Maderas Chilenas. Sección Bosques del Departamento Bienes Nacionales, Ministerio de Tierras y Colonización. 103 pp.

A N E X O 1.

Datos Climáticos Isla de Pascua

Datos Climáticos

Mes	Temperatura (°C)				Humedad (%)	Nubosidad (8/8)	Precipitación (mm)	Días lluvia	Fuerza del viento
	Media	Máxima media	Máxima absoluta	Mínima absoluta					
Enero	23,1	27,0	31,1	12,0	81	4,5	101,1	12,9	E 3
Febrero	23,7	28,2	31,0	14,0	79	4,2	83,2	11,3	E 3
Marzo	23,1	27,4	30,8	15,0	80	4,6	112,6	14,2	E 2
Abril	21,5	25,5	30,0	12,7	80	4,9	113,8	14,1	E 3
Mayo	19,9	23,4	28,0	11,0	83	5,4	117,6	14,7	E 3
Junio	18,3	21,9	26,2	9,3	83	5,4	128,5	13,6	Var 2
Julio	17,8	21,4	27,0	9,3	84	5,4	92,0	14,3	NW 3
Agosto	17,8	21,5	25,3	8,0	83	5,3	89,9	12,7	NE 2
Septiembre	18,1	22,1	26,0	8,0	81	5,4	76,2	14,1	NW 3
Octubre	19,1	23,3	27,3	10,0	80	5,4	69,7	10,2	E 2
Noviembre	20,2	24,2	28,0	10,0	82	4,7	111,4	10,7	E 3
Diciembre	21,8	25,5	29,3	12,0	82	4,8	126,9	11,1	E 2
Promedio Anual	20,4	24,3	31,0	8,0	82	5,0	1.232,9	153,9	E 2

Datos proporcionados por la FACH, Isla de Pascua.

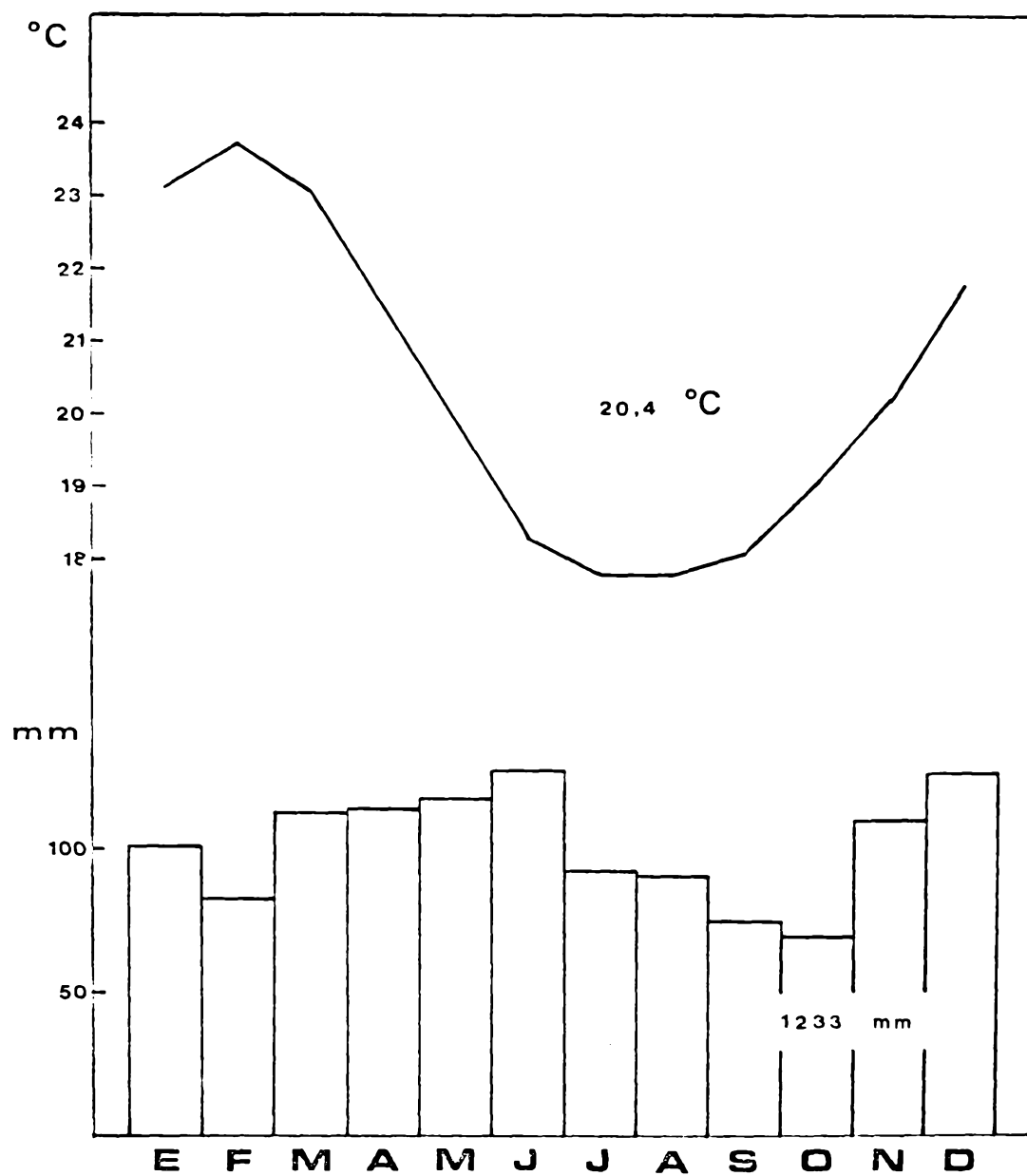


Diagrama Ombrotérmico de Isla de Pascua

A N E X O 2.

Formularios de Terreno

PARCELA DE MUESTREO

Parcela :
Tipo de Monte :

Rodal :
Foto :

Fecha :
Brigada :

EUCALIPTO (ARBOLES DE SIMILLA)

Clase DAP (cm)	Frecuencia	Total
1 - 9		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		
28		
> 30		
Total Eucalipto		

EUCALIPTO (ARBOLES DE TOCON)

Clase DAP (cm)	Frecuencia	Total
1 - 9		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		
28		
≥ 30		
Total Eucalipto		

Otras Especies		
----------------	--	--

Otras Especies		
----------------	--	--

MUESTREO DE ALTURAS

Parámetro	Arbol					Promedio
	1	2	3	4	5	
DAP c/c						
Altura						

MUESTREO DE ALTURAS

Parámetro	Arbol								Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	
DAP c/c									
Altura									

MUESTREO TABLAS DE VOLUMEN

Origen :
Arbol # :

Rodal :
Foto :

Fecha :
Brigada :

DAP c/c :
Edad :

Altura Total :
Altura Comercial :

Sección	Altura desde el suelo	Δh	Diámetro Menor s/c	Espesor de corteza
Tocón				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
Apice				

Volumen total sin corteza (m^3) =

Volumen total con corteza (m^3) =

A N E X O 3.

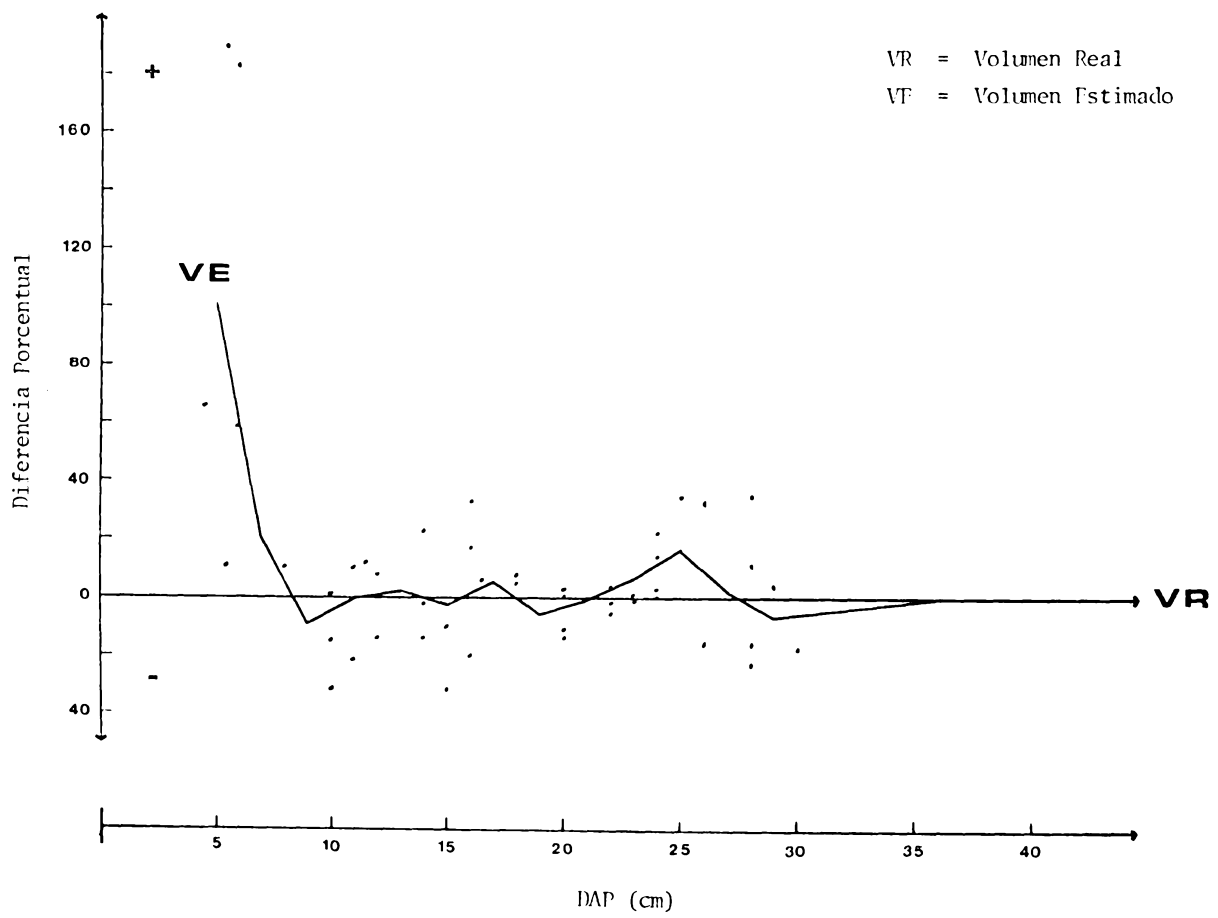
Tabla General de Volumen para Eucalipto
(*Eucalyptus globulus*, Labill)
Isla de Pascua

Tabla General de Volumen para Eucalipto
Isla de Pascua

Clase DAP (cm)	Clase de altura (m)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Volumen cúbico con corteza (m ³)								
10	0,020	0,044	0,067	0,090				
12	0,027	0,056	0,086	0,116	0,146			
14		0,071	0,109	0,146	0,183			
16		0,089	0,135	0,181	0,226			
18			0,164	0,220	0,276	0,331		
20			0,197	0,264	0,330	0,397		
22			0,233	0,312	0,391	0,470		
24			0,273	0,365	0,458	0,550		
26			0,317	0,423	0,530	0,636		
28			0,363	0,486	0,608	0,730	0,852	
30				0,553	0,692	0,830	0,969	
32				0,624	0,781	0,938	1,095	
34				0,701	0,876	1,052	1,228	1,404
36					0,978	1,174	1,370	1,566
38					1,084	1,302	1,520	1,737
40					1,197	1,437	1,677	1,917
42						1,579	1,843	2,107
44						1,728	2,017	2,306
46						1,884	2,199	2,514
48						2,047	2,389	2,731
50						2,217	2,587	2,957

Método : Mínimos Cuadrados
 Base : 56 árboles
 Fecha : 1983
 Ecuación : $V = -0,003145 + 0,001788 (H) + 0,00002889 (D^2H)$
 Error Estandar : 0,0377 m³
 Coeficiente correlación : 0,984

Diferencia Porcentual entre Valores Reales y Estimados por la Tabla



A N E X O 4.

Densidad de Algunas Maderas
Nativas y Extranjeras

Densidad de Algunas Maderas Nativas y Extranjeras

Especie	Humedad (%)	Densidad (ton/m ³)
Maderas Nativas		
Alerce	Verde 14,1	0,40 0,45
Ciprés de la Cordillera	Verde 12,0	0,42 0,44
Mañío	Verde 12,0	0,48 0,50
Araucaria	Verde 104,0 50,0 12,0	0,49 0,49 0,47 0,54
Avellano	Verde 12,0	0,41 0,43
Coigue	Verde 135,0 96,0 12,0	0,53 0,48 0,54 0,62
Laurel	Verde 12,0	0,40 0,56
Lingue	Verde 12,0	0,40 0,58
Luma	Verde 12,0	1,05 1,15
Roble	Verde 82,0 12,3	0,48 0,48 0,65
Raulí	Verde 95,0 12,0	0,50 0,50 0,58

(continúa)

Especie	Humedad (%)	Densidad (ton/m ³)
Maderas Extranjeras		
Pino Insigne	Verde	0,45
	194,0	0,31
	60,0	0,44
	12,1	0,38
Alamo	Verde	0,32
	206,0	0,27
	11,8	0,30
Aromo australiano	17,9	0,48
	11,7	0,55
Encina	13,0	0,66
	12,0	0,66
Fucalipto	Verde	0,62
	80,0	0,61
	73,0	0,64
	12,0	0,72
Sauce	17,0	0,30

Fuente : Torricelli (1941)

Las cifras corresponden a estimaciones de diferentes autores, en distintas localidades.

A N E X O 5.

Listado de Rodales

Listado de Rodales

Rodal	Sector	Especie	Tipo de monte	Edad (años)	Densidad (N/ha)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³ ssc/ha)	Crecimiento anual (m ³ ssc/ha)	Superficie (ha)	Volumen total (m ³ ssc)
1	Papa Tekena	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	492,3	-	1,6	787,7
2	Motu Kao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	492,3	-	1,3	640,0
3	Anakena	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	492,3	-	0,3	147,7
4	Anakena	Eucalipto	Alto	34	550	45,6	16,3	492,3	14,5	0,6	295,4
5	Ovake	Eucalipto	Alto	31	180	42,0	19,7	205,1	6,6	8,1	1.661,3
6	M. Opipi	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	1,3	266,6
7	Poike	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	715,5	-	0,9	644,0
8	Poike	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	715,5	-	0,4	286,2
9	Poike	Eucalipto	Alto	31	500	42,1	24,1	715,5	23,1	15,8	11.304,9
10	Poike	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	-	-	14,2	-
11	Poike	Eucalipto	Alto	35	450	47,1	18,3	574,5	16,4	0,3	172,4
12	Poike	Eucalipto	Alto	21	800	28,9	13,2	336,8	16,0	0,8	269,4
13	Rano Aroi	Eucalipto	Alto	28	260	38,3	30,2	360,4	12,9	9,4	3.387,8
14	Vaitea	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	285,3	-	0,6	171,2
15	M. Pui	Eucalipto	Medio	-	-	-	-	320,4	-	0,4	128,2
16	Vaitea	Eucalipto	Medio	28	300	38,0	22,8	320,4	11,4	1,2	404,4
17	Vaitea	Eucalipto	Alto	32	220	43,5	19,8	285,3	8,9	17,3	4.935,7
18	Vaitea	Eucalipto	Alto	31	180	41,3	17,8	197,3	6,4	1,0	197,3
19	Vaitea	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	2,1	-

(continúa)

Rodal	Sector	Especie	Tipo de monte	Edad (años)	Densidad (N/ha)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³ ssc/ha)	Crecimiento anual (m ³ ssc/ha)	Superficie (ha)	Volumen total (m ³ ssc)
20	Vaitea	Eucalipto spp.	-	-	-	-	-	-	-	0,9	-
21	Vaitea	Eucalipto	Alto	34	340	45,6	26,2	583,6	17,2	0,9	525,2
22	Vaitea	Eucalipto	Alto	53	24	70,7	23,2	83,5	1,6	2,3	192,1
23	Vaitea	Eucalipto	Alto	37	200	50,0	24,3	372,9	10,1	1,9	708,5
24	Vaitea	Cortaviento Euc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Vaitea	Ciprés	-	-	-	-	-	-	-	1,7	-
26	Vaitea	Eucalipto	Alto	29	320	38,8	31,1	493,1	17,0	3,8	1.873,8
27	Vaitea	Eucalipto	Alto	34	650	45,8	30,5	1.314,9	38,7	1,9	2.498,5
28	Vaitea	Cortaviento Euc./ Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	2,2	-
29	Kahurea	Ciprés	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-
30	Kotu Iti	Eucalipto	Alto	31	650	41,7	23,5	747,7	24,1	1,7	1.271,1
31	Vaitea	Eucalipto	Alto	37	350	49,2	19,7	674,8	18,2	1,0	674,8
32	M. Poa	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-
33	M. Roa	Eucalipto	Alto	24	240	32,5	20,9	174,0	7,3	3,8	661,2
34	M. Roa	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	2,9	-
35	M. Roa	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	2,3	-
36	M. Roa	Cortaviento Euc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	Pukunaahaaha	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	674,8	-	0,8	539,8
38	Pukunaahaaha	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	674,8	-	0,4	269,9

(continúa)

Rodal	Sector	Especie	Tipo de monte	Edad (años)	Densidad (N/ha)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³ ssc/ha)	Crecimiento anual (m ³ ssc/ha)	Superficie (ha)	Volumen total (m ³ ssc)
39	Pukunaahaaha	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	197,3	-	1,0	197,3
40	Pukunaahaaha	Eucalipto	Medio	29	300	39,7	22,7	334,4	11,5	1,0	334,4
41	Pukunaahaaha	Cortaviento Euc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	Retu	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	197,3	-	0,2	39,5
43	Retu	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	197,3	-	0,6	118,4
44	Retu	Desconocida	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-
45	Retu	Desconocida	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-
46	Mata Engo	Eucalipto	Medio	23	450	31,3	17,4	251,7	10,9	1,3	327,2
47	Mata Engo	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	674,8	-	2,1	1.417,1
48	Sanatorio	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	285,3	-	1,7	485,0
49	Sanatorio	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	285,3	-	1,9	542,1
50	Sanatorio	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-
51	Sanatorio	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-
52	Sanatorio	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	2,5	512,8
53	Sanatorio	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	1,4	287,1
54	Vaca Kino	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	674,8	-	1,9	1.282,1
55	Puna Pau	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	0,6	123,1
56	Vai Ohao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	0,3	61,5
57	Vai Ohao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	0,8	164,1
58	Vai Ohao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	1,0	205,1
59	Taraina	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	492,3	-	6,9	3.396,9

(continúa)

Roda	Sector	Especie	Tipo de monte	Edad (años)	Densidad (N/ha)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³ ssc/ha)	Crecimiento anual (m ³ ssc/ha)	Superficie (ha)	Volumen total (m ³ ssc)
60	Vai Ohao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	1,0	205,1
61	Vai Ohao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	1,9	389,7
62	M. Orito	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	205,1	-	4,5	923,0
63	M. Orito	Acacia	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-
64	M. Orito	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	2,9	-
65	M. Orito	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	4,2	-
66	Mataveri	Eucalipto	Alto	47	200	62,0	22,0	503,9	10,7	15,0	7.558,5
67	Mataveri	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	503,9	-	0,6	302,3
68	Rano Kao	Arbustivas	-	-	-	-	-	-	-	9,6	-
69	Rano Kao	Eucalipto spp.	-	-	-	-	-	-	-	20,6	-
70	Rano Kao	Arbustivas	-	-	-	-	-	-	-	23,8	-
71	Rano Kao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	503,9	-	1,1	554,3
72	Rano Kao	Cortaviento Euc./ Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	1,7	-
73	Rano Kao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	902,0	-	1,3	1.172,6
74	Rano Kao	Cortaviento Euc./ Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	2,3	-
75	Rano Kao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	902,0	-	1,9	1.713,8
76	Rano Kao	Eucalipto	Alto	41	450	54,9	21,9	902,0	22,0	1,3	1.172,6
77	Rano Kao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	1.173,6	-	3,6	4.225,0
78	Rano Kao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	902,0	-	3,4	3.066,8
79	Rano Kao	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	3,6	-

(continúa)

Podal	Sector	Especie	Tipo de monte	Edad (años)	Densidad (N/ha)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³ ssc/ha)	Crecimiento anual (m ³ ssc/ha)	Superficie (ha)	Volumen total (m ³ ssc)
80	Rano Kao	Miro Tahiti	-	-	-	-	-	-	-	3,1	-
81	Rano Kao	Eucalipto	Alto	13	600	18,7	15,0	170,8	13,1	0,4	68,3
82	Rano Kao	Eucalipto	Alto	18	650	24,9	13,0	262,5	14,6	0,9	236,3
83	Rano Kao	Eucalipto	Alto	-	-	-	-	262,5	-	2,0	525,0

