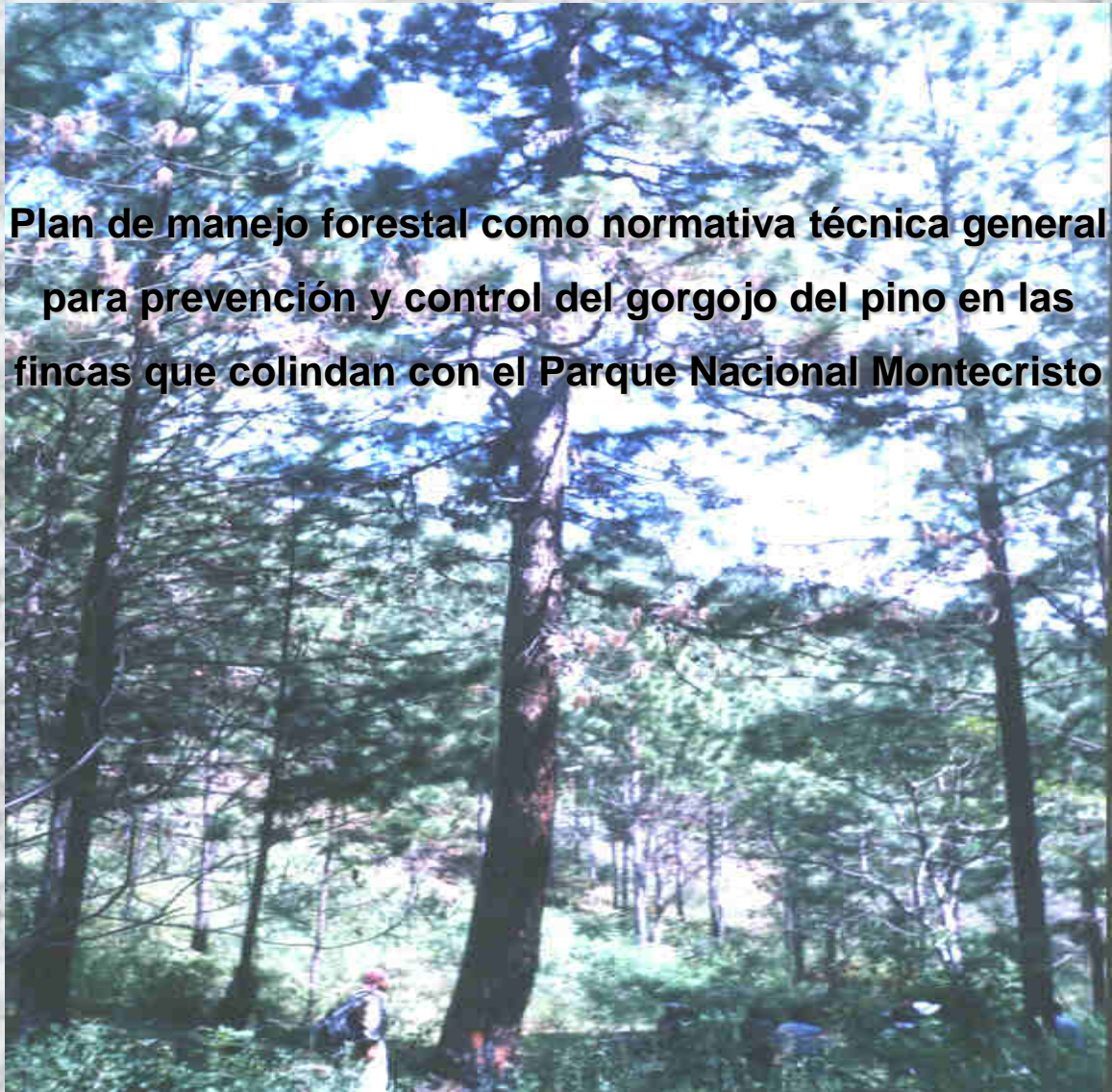




Ministerio de Agricultura y Ganadería
Dirección General de Recursos Naturales Renovables
Programa Ambiental de El Salvador
Proyecto MAG-PAES/CATIE
Julio 2002 – Abril 2003



**Plan de manejo forestal como normativa técnica general
para prevención y control del gorgojo del pino en las
fincas que colindan con el Parque Nacional Montecristo**

Noviembre 2002





RESUMEN

Existe infestación de coleópteros como parte de la comunidad biótica que pertenece al Parque Nacional Montecristo "P.N.M.", Ante esto, las autoridades del Proyecto MAG-PAES/CATIE, decidieron que se investigara la posibilidad de que exista infestación de bosques coníferos aledaños al Parque. Ante todo por la sospecha de que la muerte de algunos árboles en la finca del Sr. Wilberg Armando Figueroa, se deba a que la infestación de *Dendroctonus frontalis*, se pasó del P.N.M. hacia esa finca. Por tal razón las autoridades del MAG-PAES/CATIE, decidieron que se elaborara un Plan de Manejo que sirviera como normativa general para las fincas colindantes; lo anterior con base en información de la finca del Sr. Figueroa por ser este el único caso de dimensiones alarmantes reportado hasta la fecha.

Como en esta finca existen reforestaciones y bosque natural, se realizaron dos clases de muestreo. Las reforestaciones se cuantificaron por Distancias Medias y el bosque natural por Parcelas de Dimensiones Variables. Las reforestaciones han sido casi un fracaso en la extensión reforestada, habiéndose perdido casi totalmente en algunas partes, por lo que se decidió hacer el muestreo solo en los rodales que lograron tener un mejor prendimiento, de los cuales solo un tercio tiene fustes rectos por lo que el bosque que resulte de la reforestación tendrá un valor eminentemente protector con escaso valor económico y altamente susceptible a las plagas y enfermedades.

En cuanto al bosque natural Se levantó información de diez puntos-muestra, empleándose el método de Parcelas de Dimensiones Variables creado por el Dr. Bitterlich, levantándose la muestra con un factor de área basal "FAB" de 4. La información puso de manifiesto de que no existen árboles en las clases inferiores, lo que indica que este bosque no se esta reproduciendo como consecuencia de talas inmisericordes, del sobre pastoreo y de la política de imponer diámetros mínimos de corta. Por lo anterior el bosque maduro es indeseable desde el punto de vista económico y, desde el ecológico, es un gran riesgo para las fincas vecinas por ser



muy susceptible a plagas y enfermedades. En cuanto a la fitosanidad, el bosque ha sido afectado por aspectos antropozoicos: sobre explotación, pésima política de marcaje en las licencias de aprovechamiento (determinar diámetros mínimos de corta). Libre de lo anterior, no se encontraron vestigios en ninguna de las fases de infestación reportadas porque, al calar con machete los árboles tipificados como Fase III no se encontraron galerías de *Dendroctonus spp*, ni de *Ips spp*, ni de *Scolytus spp.*, (Géneros que tienen especies confundibles en tamaño y forma). En los árboles marcados como Fase II se observaron sus copas y, aunque mostraban cierta marchitez, no era la característica de esta fase en *Dendroctonus*. Se calaron los árboles con machete y tampoco se encontraron indicios de *Dendroctonus*. El mismo resultado se obtuvo al calar los árboles que fueron marcados por estar supuestamente infestados en fase I. En síntesis: **ni se encontró un solo gorgojo del pino, ni se encontraron las galerías características y ni siquiera existe un solo árbol padeciendo la característica marchitez descendente, lo que prueba que no hay ningún traslado de plagas desde el Parque hacia esta finca privada.**

La muerte de los árboles del Parque se ha debido al incendio que se pasó de la finca del Sr. Figueroa como incendio rastro que bajó lentamente desde esa finca hacia las partes bajas de la escarpada ladera en el Parque, sobre la cual avanzó muy despacio cuesta abajo. La lentitud de este avance permitió que se carbonizaran las raíces de los árboles que ahora están muertos adentro del Parque (los que equivocadamente se calificaron con ataque Fase III de *Dendroctonus*). Desde aquí, por las raíces, el incendio retornó subterráneamente para dañar los árboles de la finca del Sr. Figueroa (los que también, equivocadamente, se calificaron como ataque de *Dendroctonus* Fase II).

A quien quisiera comprobar que el fuego retornó como incendio subterráneo, le bastará con ver un árbol que, teniendo en buen estado, y viéndose sana toda la parte baja del fuste, en la parte superior tiene una larga oquedad completamente carbonizada por dentro, lo que da una muestra de los serios daños que han de tener por dentro muchos árboles aparentemente vigorosos y sanos como consecuencia del



incendio, así como aquellos que fueron reportados como afectados por ataque de *Dendroctonus* en fase II.

En cuanto a los árboles que quedaron de lo que fuera un productivo bosque conífero, solo el 22 % de las existencias puede calificarse como maderable. Existe un volumen total de 84.7 m³ por hectárea. Al descontar el volumen de los árboles con diámetros inferiores a 40 cm queda un volumen aprovechable de 37.4 m³/ha, pero, al aplicar el 22% arriba anotado, el volumen aprovechable se reduce a unos 8 m³/ha (2,200 pies tablares por hectárea). El método de repoblación que se recomienda es el de una **Corta a Hecho** seguida por la reforestación del área talada.

Las conclusiones más importantes se resumen a que las plantaciones realizadas tienen un valor protector y no productivo, que no existe ningún ataque de insectos y que los daños ocasionados se debieron a un incendio que, desde la finca estudiada, se pasó al P.N.M.

Entre las recomendaciones más importantes se sugiere la inoculación de micorriza en las áreas reforestadas que tienen crecimiento inadecuado. Realizar una Corta a Hecho seguida de reforestación. Hacer una ronda corta fuego en la colindancia del Parque seguida de quemas prescritas y adiestrar a los empleados del sector forestal sobre temas de Protección Forestal.



1. Introducción

La existencia de coleópteros que afectan a las coníferas del Parque Nacional Montecristo "P.N.M.", ha hecho que las autoridades del Proyecto MAG-PAES/CATIE se preocupen por la posibilidad de que exista infestación de bosques coníferos aledaños. Ante todo, porque se ha supuesto que la muerte de algunos árboles en la finca del Sr. Wilberg Armando Figueroa, se debe a que *Dendroctonus frontalis*, se pasó del P.N.M. hacia esa finca. Los coleópteros en mención están protegidos por la misma ley que creó al P.N.M., ley que ampara a todos los organismos y a los procesos naturales asociados con ellos adentro del Parque, y por lo tanto ampara al *Dendroctonus spp.* y a los efectos naturales que está produciendo. Por esta razón, dentro del P.N.M. no se debe realizar ningún control mecánico, ni mucho menos químico, ante todo si se toma en cuenta que esta clase de interacción es beneficiosa desde el punto de vista ecológico, y hasta deseable desde el punto de vista de la biodiversidad, pues convierte a cada árbol débil o viejo atacado, en nicho ecológico que enriquece la cadena trófica y ayuda a la formación o enriquecimiento del suelo. No obstante lo anterior, las autoridades del MAG-PAES/CATIE, decidieron que se elaborara un Plan de Manejo que sirviera como normativa técnica general para las fincas colindantes, basándose en información de la finca del Sr. Figueroa por ser éste el único caso de dimensiones alarmantes reportado hasta la fecha.

En este estudio se realizará un análisis particular sobre los efectos negativos que se supone fueron originados en el P.N.M. y que afectaron a varios árboles de la finca del Señor Wilberg Armando Figueroa. Con el conocimiento de esta particularidad, se darán normas generales para las fincas vecinas sobre prevención y control de la infestación por *Dendroctonus*. Por otra parte, se obviarán todas las generalidades que se incluyen en un Plan de Manejo Forestal con fines de solicitud de licencia de aprovechamiento forestal porque, como es evidente, no es este el fin del estudio, por lo que se entrará de una vez en materia partiendo con el Inventario forestal levantado en la Finca del Sr. Figueroa, luego de exponer los objetivos del estudio.



Objetivos

2.1. Objetivo general

- ❖ Elaborar un Plan de Manejo general con fines de Protección Forestal para fincas colindantes que estén en el caso de la propiedad del Ing. Wilberg Armando Figueroa.

2.2. Objetivos específicos

- ❖ Determinar el agente que causó la muerte de los pinos en las colindancias del P.N.M. y la finca del Ing. Figueroa.
- ❖ Determinar la fitosanidad del bosque afectado.
- ❖ Realizar un inventario forestal de los bosques naturales y artificiales de la finca tomada como modelo.
- ❖ Elaborar un Plan de Manejo Forestal para prevenir y controlar áreas infestadas aledañas al P.N.M.



2. Inventario forestal

Se aplicaron dos métodos de muestreo, uno para los rodales procedentes de plantaciones y otro para el bosque natural.

2.1. Muestreo en las plantaciones

Se empleó el método de Distancias Medias. Con este método es factible determinar el porcentaje de prendimiento. En el anexo se encuentra la descripción, tanto de este método como el empleado en el bosque natural. Después del cuadro 1, se presentan los cálculos estadísticos:

Cuadro 1 datos sobre prendimiento

Prendimiento (%) X	Prendimiento al cuadrado X ²
70.92	5,029.82
88.82	7,889.39
75.62	5,718.68
44.12	1,946.70
45.80	2,097.25
49.25	2,425.16
374.5	25,107.00

Cálculos estadísticos

Al procesar estadísticamente la información del cuadro 1 se obtienen los estimadores del parámetro que se presentan en la siguiente página.

Cuadro 2 Cálculos estadísticos

DESCRIPCIÓN	VALOR
media=	62.42
Variancia S²=	345.68
Desviación Estandar S=	18.59
Coefficiente de variación CV=	29.79
t_{0.95.5}=	2.57
Error estandar de la media =	7.59
Error de muestreo Em=	19.51
Error en porcentaje E%=	31%
Límites de confianza L:	
L₁=	42.91
L₂=	81.94

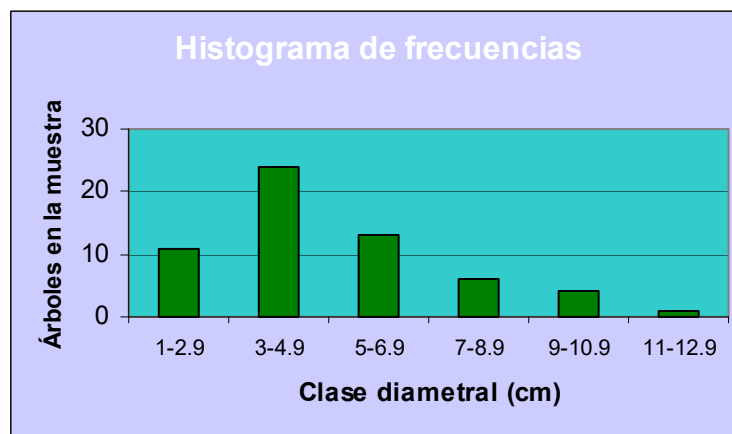
El error de muestreo del 31% se debe a que las distancias entre planta y planta son demasiado variables porque existen muchos espacios dejados por las plantas que han muerto. Si hubieran muerto pocas plantas el distanciamiento sería homogéneo y la variabilidad sería mínima, esto se comprueba en el campo al notar las condiciones críticas que presenta la reforestación lo que hará que el distanciamiento sea más heterogéneo en el futuro. Para tener certeza sobre el verdadero porcentaje medio de prendimiento sería necesario elevar el tamaño de la muestra pero esto es innecesario ya que el determinar con precisión la media es inútil dadas las características indeseables que presentan las plantaciones, las cuales quedan de manifiesto al analizar la heterogeneidad de los diámetros pues, aún cuando esta plantación es de cinco años (según manifestó el Ing. Figueroa), se tienen diámetros muy pequeños y sumamente variables, desde un centímetro, hasta doce centímetros. Esto puede verse en el cuadro 3, el cual presenta la distribución de los árboles muestreados por clase diametral.

Cuadro 3 Árboles por clase diametral

<i>Rango (cm)</i>	<i>Punto Medio (cm)</i>	<i>Frecuencia (No.)</i>
1-2.9	2	11
3-4.9	4	24
5-6.9	6	13
7-8.9	8	6
9-10.9	10	4
11-12	12	1
Total		59

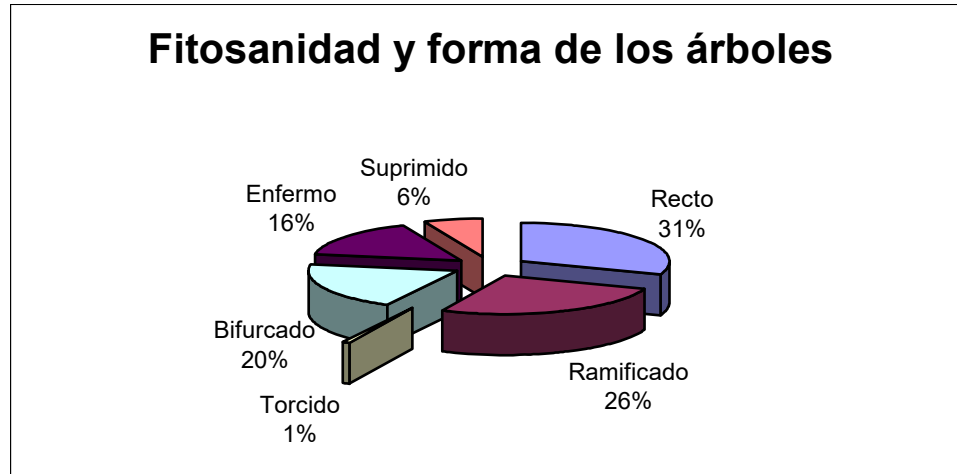
La distribución anterior queda más clara en la figura 1, en la cual se muestra el histograma de frecuencias .

Figura 1 Distribución de los árboles por clase diametral



La figura pone de manifiesto que los individuos se acumulan en las primeras clases, lo que muestra un crecimiento muy bajo para la mayoría de los árboles. El rango de incremento diametral fluctúa desde 0.2 cm hasta 1.8 cm anuales, cuando lo normal hubiese sido un incremento entre 1.5 y 2 cm anuales, tal como crecieron los escasos árboles que tienen diámetros adecuados. Por otra parte, el problema no solo reside en el crecimiento deficiente, a ello se agrega la indeseable calidad de las progenies en donde solo un tercio de los árboles tiene fuste recto, como se observa en la figura 2

Figura 2 Estado fitosanitario de
las reforestaciones



Se comprueba arriba que solo la tercera parte de las existencias muestra un fuste recto, el resto tiene fustes indeseables, por lo que. en síntesis: ***el bosque que resulte de la reforestación tendrá un valor eminentemente protector con escaso valor económico y altamente susceptible a las plagas y enfermedades.***

La causa mas probable de su deficiencia puede ser la carencia de micorriza, lo que se infiere por la existencia de rodales que tienen crecimiento adecuado por estar bajo la influencia de bosques naturales ubicados en su vecindad, desde el agua de lluvia pudo arrastrar esporas para inocular las raíces de las plántulas. Por otra parte, existen condiciones edáficas negativas que contribuyen al escaso crecimiento. Lo anterior hace que las reforestaciones se encuentren en malas condiciones, al extremo de que se han perdido totalmente en ciertas partes, por lo que actualmente se presenta como una especie de archipiélago formado por rodales de distinta extensión.



2.2. Muestreo en el bosque natural

Se levantó información de diez puntos-muestra, empleándose el método de Parcelas de Dimensiones Variables, creado por el Dr. Bitterlich en 1947, pero de acuerdo con las correcciones realizadas por Cabrera hacia 1990.

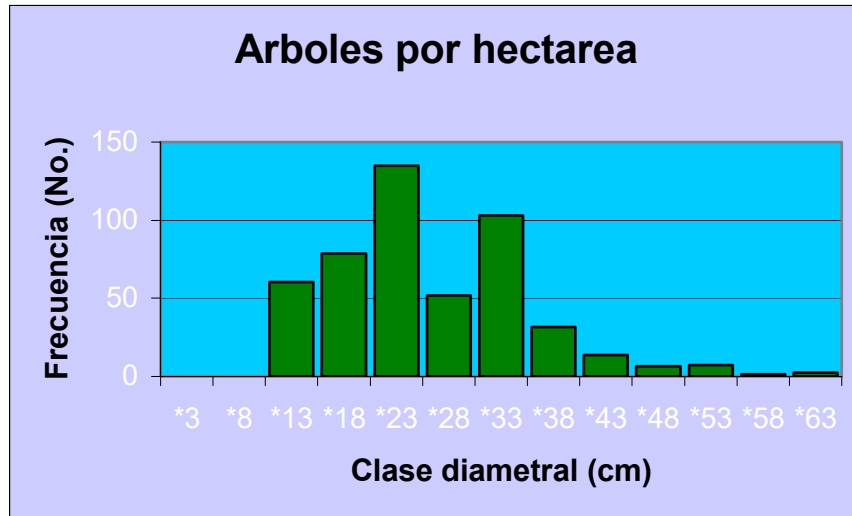
La muestra se levanto con un factor de área basal "FAB" 4 y se calculó por área basal por hectárea, en el entendido que, para cálculos realizados con área basal, el error de muestreo no debe pasar del 20 %. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 4 Estimadores del parámetro

DESCRIPCIÓN	VALOR
Media " \hat{G} ":	30
Variancia estimada de " $S^2 \hat{G}$ ":	6.1091
Desv. Est. " $S \hat{G}$ ":	2.4716
Coef. De Var. " CV ":	8.24%
Error estándar " SV ":	1.0182
Valor de $t_{0.05,4}$ =	2.776
Error de muestreo " E_m ":	2.8265
Error en porcentaje " $E\%$ ":	9.42%
Limite inferior L_1 =	27.17
Limite superior L_2 =	32.83

El error de muestreo de 9.4% indica que el tamaño de la muestra levantado es confiable para realizar inferencias válidas, empezándose por exponer la distribución de frecuencias por clase diametral en la figura 3.

Figura 3 Histograma de frecuencias



Puede notarse que en este bosque no existen árboles en las clases 3 y 8 (los árboles con dap inferior a 10 cm), lo que indica que no se está reproduciendo, si a ello se agrega que la mayoría de los árboles de las clases de mayor diámetro son indeseables por su pequeño porte o por ser torcidos, bifurcados, con ramas gruesas y estagnados, solo se puede concluir que el bosque maduro es indeseable ya que los del ingresos que proporcionaría su aprovechamiento serían mínimos o tal vez hasta podría dejar pérdidas. La mala calidad de este bosque puede constatarse con solo comparar sus árboles degradados, con los hermosos, altos, gruesos, sanos y vigorosos árboles del Parque Nacional Montecristo.

El estado indeseable de este bosque es consecuencia del sobre pastoreo y de la inmisericorde explotación a que ha sido sometido, en lo que ha influido grandemente el concepto negativo, de **“diámetro mínimo de corta”**, el cual solo garantiza dejar lo peor de las existencias de un bosque natural, como lo demuestra el lamentable estado del bosque maduro bajo estudio.



3. Fitosanidad

El bosque ha sido degradado por factores antropozoicos, principiando por la tala rasa realizada para actividades agropecuarias y continuando con la sobre explotación de la parte actualmente cubierta de bosque sobre maduro, la cual fue sometida a sobre pastoreo anteriormente. El actual propietario (el Sr. Wilberg Figueroa), se ha preocupado en poner “falsos” o talanqueras en el camino para evitar el acceso del ganado al bosque y, aún cuando su reforestación deja mucho que desear, dice mucho sobre su buena voluntad en mejorar su finca.

3.1. Características de los árboles muertos en la Finca del Sr. Figueroa y el P.N.M.

La muerte de estos árboles, por razones inexplicables, ha sido atribuida al *Dendroctonus frontalis*, del cual no se encontraron vestigios en ninguna de las fases reportadas como se describe a continuación.

Se visitó el área afectada para adiestrar a los Guarda Parques del P.N.M. para que aprendieran a distinguir las tres fases del ataque reportadas en el lugar. Se caló con machete los árboles tipificados como Fase III y no se encontró ninguna galería típica de *Dendroctonus spp.*, ni siquiera de *Ips spp.*, ni de *Scolytus spp.*, (los únicos coleópteros que pueden confundirse por su apariencia y tamaño), pero se distinguen por la forma en que hacen sus galerías. Lo sí se encontró fueron galerías de Buprestidos, los cuales se caracterizan por ser de ataque secundario, en árboles previamente debilitados por diferentes causas.

En los árboles que fueron marcados para ser extraídos y así evitar la propagación del supuesto ataque de *Dendroctonus* en Fase II, solo se notó un árbol cuya copa, aunque mostraba cierta marchitez, no era la típicamente descendente de esta fase. Se procedió a calarlo con machete en busca de larvas o imagos de *Dendroctonus*, pero tampoco se encontró nada. El mismo resultado se obtuvo al calar árboles que fueron marcados por estar supuestamente infestados en fase I.



En síntesis: **ni se encontró un solo gorgojo del pino, ni se encontraron las galerías características y ni siquiera se miró un solo árbol padeciendo la característica marchites descendente, lo que prueba que no hay ningún traslado de la plaga hacia esta finca privada.**

3.2. Causa de la muerte de árboles en la Finca del Sr. Figueroa y el P.N.M.

La finca y el Parque han sido víctimas de los incendios forestales, los cuales se producen en la zona casi todos los años. Si se observan bien las características de los árboles muertos, su muerte se debe al último incendio reportado y, si hubiera alguna duda, podría examinarse los árboles que incorrectamente se marcaron como afectados por *Dendroctonus* en fase II, en éstos se notará una parte viva y una muerta en la cual, al calar el machete y desprender parte de la albura se notará la necrosis característica de los árboles afectados por los incendios.

Hay pruebas racionales sobre el hecho de que ese incendio principió del lado de la finca del Sr. Figueroa. Se llega a esta conclusión porque el incendio rastrero se convirtió en incendio subterráneo. Primero el incendio bajó lentamente desde esta finca hacia las partes bajas de la escarpada ladera de Montecristo, sobre la cual corrió muy despacio cuesta abajo. Esto hizo que tardara más tiempo en la superficie, lo que permitió que se carbonizaran las raíces de los árboles que ahora están muertos adentro del Parque. Desde aquí, el incendio retornó subterráneamente para dañar los árboles de la finca del Sr. Figueroa (los que equivocadamente se calificaron con ataque Fase II). Si el fuego hubiese venido del parque, los fuertes vientos ascendentes que se forman con los incendios, hubiesen hecho que éste corriera a toda velocidad hacia arriba de la pendiente, por la escarpada ladera, y no hubiese dado tiempo a que se carbonizaran las raíces de los árboles que murieron irremisiblemente. Como dato adicional, conviene aclarar que se confundió la clorosis y sequedad de las hojas producidas

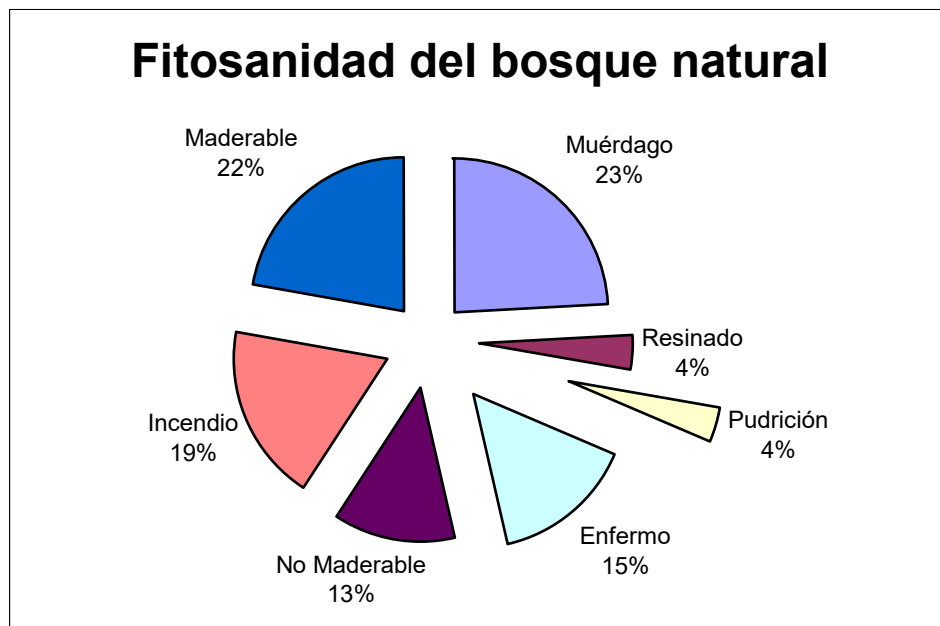
por el incendio subterráneo, con la marchites descendente típica del ataque de *Dendroctonus*. Para terminar de comprobar que el fuego retornó como incendio subterráneo, tómesese como prueba un árbol que, teniendo en buen estado toda la parte baja del fuste, en la parte superior tiene una larga oquedad completamente carbonizada por dentro

FOTO

, lo que da una muestra de los serios daños que han de tener por dentro muchos árboles aparentemente vigorosos y sanos como consecuencia del incendio, así como aquellos que fueron confundidos como afectados por ataque en fase II.

Volviendo al tema del inventario, cabe aclarar que se anotó el estado fitosanitario de los árboles muestreados, como se puede apreciar en la figura 4,

Figura 4 Estado fitosanitario



En la figura se concibe como enfermos, en general, a los árboles con enfermedades no conocidas con amarillamiento de hojas o marchitamientos y



necrosis de conjuntos de fascículos que bien puede deberse a estrés fisiológico post incendios pero esto no fue confirmado.

FOTO

Bajo el concepto de incendio se considero a todos los árboles que, además de ser no maderables, están debilitados y en proceso de morir por causa del fuego que los afectó seriamente (los incorrectamente tipificados como ataque fase II). Como no maderables se consideraron a aquellos que tienen trozas de pésima calidad y, como maderables, a aquellos que aparentan ser sanos pero se ignora si por dentro están degradados por termitas o coleópteros barrenadores que ingresan desde el suelo, por las raíces.

Como se ve el bosque tiene solo el 22% de árboles maderables, de los cuales muchos son indeseables por ser los sobre maduros que fueron dejados en el bosque -como ya se dijo-, por la práctica equivocada de manejar el concepto de diámetro mínimo de corta, concepto que solo degenera nuestras masas forestales, de lo cual es un triste ejemplo el bosque bajo estudio, pues los árboles que han quedado no alcanzan a justificar el excesivo trabajo de su aprovechamiento, el cual debe ir dirigido a mejorar el bosque y no a obtener ingresos, los cuales ya fueron obtenidos en el pasado durante una actividad minera que se llevó los mejores árboles y dejó solo aquellos indeseables árboles delgados, los cuales jamás llegarán a tener las dimensiones de los especímenes gruesos ya extraídos pues, en los bosques naturales, los árboles delgados son tan viejos como los gruesos, pero fueron vencidos en la competencia por la luz, la humedad y los nutrientes del suelo.

5. Plan de Manejo Forestal

Un Plan de Manejo Forestal no necesariamente debe ser extenso. Su extensión depende de las características del bosque, del criterio del experto y de las políticas nacionales o institucionales; así, en ciertos casos particulares, el manejo



de un área puede consistir en una ordenanza escueta como, por ejemplo: EL BOSQUE NO DEBE SER TOCADO DURANTE CINCO AÑOS, AL FINAL DE LOS CUALES DEBE LEVANTARSE EL INVENTARIO QUE REGIRÁ LAS FUTURAS CORTAS ANUALES.

En el caso actual, se trata de un Plan de Manejo General con fines de Protección Forestal para las fincas colindantes similares a la que se tomó como modelo en el presente estudio; es decir, fincas que carecen de árboles altamente rentables, en los cuales resulta inútil determinar la corta anual permisible ya que es inconveniente mantener la indeseable productividad del mismo, de igual manera, también resulta inútil hacer cálculos de la masa forestal normal, pues ya es muy poco lo que deba conservarse en esta finca en lo referente a árboles con valor económico y solo se aspira a la mejora del bosque sobre maduro, lo cual es factible -al menos para esta finca- gracias a que el ing. Figueroa, su actual propietario, ha mostrado su buena voluntad al evitar el pastoreo en la finca, al tratar de reforestar todas las áreas degradadas, y al preocuparse ante el solo supuesto de que podía existir una infestación en su bosque y en el del P.N.M., lo que denota una gran conciencia ecológica.

Falta agregar que, además del bosque conífero degradado, existen rodales de bosques jóvenes producto de la regeneración natural, para los cuales se darán también recomendaciones. Por otra parte, este bosque y los de las demás fincas vecinas, son un peligro potencial para el Parque Nacional Montecristo ya que carecen de Guarda Bosques para vigilar el tránsito de pirómanos, lo que facilita que cualquier transeúnte le prenda fuego a estas fincas y el incendio se propague hacia el parque en donde atenta en contra de la vida silvestre. Por otra parte, fincas como esta tienen muchos árboles susceptibles a ser atacados por *Dendroctonus*, por lo que, si estos árboles no se apean y extraen, pueden constituirse en foco de infección para las fincas vecinas.

5.1. Determinación de las existencias

A pesar de que éste es un plan de manejo general para las fincas de coníferas colindantes con el P.N.M., conviene tener un punto de partida, una especie de piedra de toque cuantitativa, que permita determinar si terceras fincas colindantes pertenecen al mismo caso de la finca en estudio. Para ello se presentarán datos cuantificables al nivel de hectárea, por lo que se procede a presentar en el cuadro 5, de manera ordenada, la información que fuera recabada en el campo en diez puntos muestra, como se presenta a continuación.

Cuadro 5 Ordenamiento de la información por clase diametral

Clase Diametral (m)	PUNTO MUESTRA (No.)										Árboles En la muestra (No.)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.13					1		1				2
0.18		2			1			1		1	5
0.23			3	2	1	1	2	1	2	2	14
0.28		1			1			3	2	1	8
0.33	3	3	1	4		3	1	1	3	3	22
0.38	2	2	1				1	1	1	1	9
0.43	3			1		1					5
0.48		1			1			1			3
0.53	1				1				2		4
0.58					1						1
0.63							1	1			2

La información anterior se presentará adelante en el cuadro 6 en la cual se determina el área basal por hectárea y los correspondientes volúmenes por clase diamétrica. Para la determinación del volumen se empleó la fórmula de regresión $v = -0.3116 + 0.000029385d^2h$, la cual estima el volumen hasta una altura en la cual el índice de utilización es de veinticinco centímetros, siendo este volumen una variable dependiente del cuadrado del diámetro “d²” y de la altura total “h”, en donde “h” se obtuvo mediante la regresión: $h = 28.719 - 4.5678(100/(d+10))$, siendo “d” el diámetro a la altura del pecho “dap”.



Plan de manejo forestal como normativa técnica general para
prevención y control del gorgojo del pino en las fincas
que colindan con el Parque Nacional Montecristo

Cuadro 6 Tabla de composición forestal

Clase Diametral (cm)	TOTAL (arb. En la Muestra)	Área bas .por ha (m ² /ha)	Área bas por arb (m ² /arb.)	árboles por ha (No)	Altura total (m)	Volumen Por arbol (m ³ /arb)	Volumen Por hectárea (m ³ /ha)
18	5	2	0.0254	79	12.4		
23	14	5.6	0.0415	135	14.9		
28	8	3.2	0.0616	52	16.7	0.0732	3.8016
33	22	8.8	0.0855	103	18.1	0.2675	27.5271
38	9	3.6	0.1134	32	19.2	0.5033	15.9754
43	5	2	0.1452	14	20.1	0.7806	10.7505
48	3	1.2	0.1810	7	20.8	1.0997	7.2923
53	4	1.6	0.2206	7	21.5	1.4606	10.5924
58	1	0.4	0.2642	2	22.0	1.8634	2.8211
63	2	0.8	0.3117	3	22.5	2.3082	5.9237
TOTALES				492			84.6841

Como puede verse, los resultados cuantitativos confirman o prueban las apreciaciones cualitativas sobre la baja productividad de la entidad pues, si a los 84.7 m³/ha se le descuentan los árboles con diámetros menores que 40 cm -los cuales suelen dejarse como diámetro mínimo de corta, y porque a los madereros no les interesa su extracción-, se tiene que el volumen por hectárea de los árboles aprovechables es de 37.4m³ pero, tomando en cuenta que por aspectos fitosanitarios solo el 22% es maderable (ver figura 4 del inciso 4.2), se obtendrían unos 8 m³ de madera aserrable por hectárea (unos 2,200 pies tablares), lo que equivale a menos de la capacidad de un camión de 10 toneladas para transporte de troza rolliza. El resto corresponde a madera para leña o carbón; ahora bien, si en vez de vender madera troza, ésta se asierra en el mismo punto, la productividad puede elevarse un poco

De lo anterior se infiere que, en las fincas que presenten las características anteriores, no tienen absolutamente nada que pueda ser sometido a manejo forestal sostenible, por lo que el manejo deberá ser realizado con fines de Cortas de Protección y de Salvamento, las cuales urge realizar, éstos bosques son altamente susceptibles a las plagas y enfermedades, pudiéndose convertir en futuros focos de infección que amenacen a las fincas circunvecinas, ya que



ofrecen las características óptimas para que los árboles sean atacados, no solo por *Dendroctonus spp* sino que por otros Coleopteros, Himenópteros y Lepidópteros que medran fácilmente en estos bosques degradados.

5.2. Método de repoblación

Antiguamente (en el siglo pasado, hace cincuenta años), se hablaba de métodos silviculturales, no obstante, los dasónomos se dieron cuenta de que, con cada método silvicultural, lo que se perseguía, como principal fin, era la repoblación o recuperación del bosque sometido a manejo. Por lo anterior, actualmente el concepto dominante es el de **Métodos de Repoblación**, por otra parte, conviene recordar que la silvicultura, es más un arte que una ciencia y, por lo tanto, el método de repoblación elegido depende de la acuciosa creatividad del Dasonomo que realice el Plan de Manejo, pudiendo haber otras maneras de lograr el objetivo (medidas para recuperar a futuro el valor económico que tuvieron estos bosques y evitar que sigan siendo potenciales focos de infestación de plagas y enfermedades), por lo anterior, las recomendaciones que aquí se expongan deben tomarse como una manera de hacer las cosas y no como una imposición o mandato inmodificable.

5.2.1 Corta a hecho

En esta clase de bosques la degradación es tal que ya no se encuentran árboles semilleros deseables de óptimo porte, por lo que en las áreas con árboles sobre maduros, lo más recomendable es realizar una tala rasa o corta a hecho, seguida de una reforestación del área denudada. Esto implica el hacer un vivero volante en la finca a partir del mes de noviembre o diciembre, talar el bosque entre diciembre y abril, y plantar en el mes de mayo. Es inevitable que, del Parque, migren semillas por acción eólica, lo cual sería beneficioso ya que las plántulas procederán de árboles sanos, rectos, cilíndricos, altamente productivos y muy vigorosos, por lo que en la competencia podrían dominar a los árboles plantados.



Solo porque no está garantizada una cobertura uniforme de esta regeneración natural es que se determinó que se reforeste el área después de la corta a hecho.

5.3. Medidas de protección

Desde el momento en que el Parque cuenta con un cotidiano control realizado por diez Guarda Parques, la probabilidad de que los incendios forestales se inicien aquí, para pasarse a las fincas vecinas, es demasiado remota. En cambio, en las fincas vecinas, en donde ni siquiera una sola persona ronda los bosques con fines de prevención de incendios durante la época crítica de verano, resulta obligado el que, por lo menos, realicen una ronda corta fuegos de unos cinco metros de ancho en el lindero con el Parque y, de preferencia, realicen una quema prescrita a la salida de invierno (noviembre y diciembre), para quemar el combustible que ponga en peligro la biodiversidad del parque.

6. Conclusiones

- Los rodales producto de la reforestación no constituirán bosques altamente rentables pero tendrán alto valor protector y regulador del ciclo hidrológico a favor de las fuentes de agua.
- El rodal de bosque maduro vecino al P.N.M. está constituido en su mayoría por individuos indeseables.
- Ni en el bosque colindante analizado, ni en su vecindad perteneciente al Parque, existe ataque de *Dendroctonus frontalis*.
- La causa de la muerte de los árboles del Parque se debió a un incendio rastrero que se inició en la finca del Sr. Figueroa, el cual bajó lentamente por el lindero del parque carbonizando las raíces de los árboles hoy muertos, y retornó subterráneamente –por el entramado de raíces vecinas-, hacia la finca del Sr. Figueroa.



- Los árboles debilitados en la finca del Sr. Figueroa constituyen un peligro por ser susceptibles al ataque de cualquier plaga.
- En el sector forestal oficial no se sabe distinguir entre daños por incendios y daños por insectos.
- Debe hacerse una corta a hecho seguida de reforestación en las fincas con bosques degradados como el bosque tomado como base para este estudio.

7. Recomendaciones

- Inocular con micorriza a las plantas de las reforestaciones con crecimiento deficiente. Para ello, en un tonel de 54 galones lleno de agua, se deberá verter unos diez kilos de tierra colectada bajo los pinares naturales jóvenes, agitar a manera de emulsión y, al día siguiente, aplicar el agua con bomba a chorro abierto (sin boquilla aspersora), en la región de goteo.
- Conceder una licencia de aprovechamiento por Cortas a Hecho con la obligación de reforestar el área talada a ras..
- En los bosques jóvenes naturales realizar cortas de liberación en aquellos casos en los cuales ya exista cruce de copas, debiendo extraer los comprimidos, suprimidos, bifurcados y los mal conformados.
- Hacer una ronda cortafuegos en la colindancia con el Parque.
- Ponerse de acuerdo con el Director del Parque para que los Guarda Bosques particulares coordinen esfuerzos con los Guarda Parques durante los tres meses críticos de incendios.
- Que los colindantes del Parque organicen brigadas contra incendios para el control de lo mismos, coordinando acciones con el Director del Parque.



- Los empleados del sector forestal oficial necesitan con urgencia un adiestramiento en servicio sobre Protección Forestal, para que se les facilite distinguir entre daños causados por incendios forestales y daños causados por insectos.



Plan de manejo forestal como normativa técnica general para
prevención y control del gorgojo del pino en las fincas
que colindan con el Parque Nacional Montecristo

ANEXO



Método de distancias medias

Este método, parte de un supuesto básico: ***si se sabe la distancia media entre los árboles, es posible obtener el número de árboles por hectárea con solo dividir el área de la hectárea (10,000 m²), entre el cuadrado de la distancia media entre árboles.*** En el caso específico de esta finca se realizaron seis mediciones en distintas partes del área reforestada, midiéndose diez distancias entre once arbolitos contiguos en seis puntos de muestreo (por error de conteo en un punto solo se midieron nueve distancias pero esto no afecta los resultados). De cada arbolito se anotó el diámetro, la altura y sus características fitosanitarias.

haciendo la relación entre las existencias actuales y la de la plantación original de mil ciento once árboles por hectárea (1,111 arb/ha), se obtuvo el porcentaje de prendimiento.

Parcelas de dimensiones variables

Al Dr. Bitterlich se debe la creación de un interesantísimo postulado que permite muestrear con base en la generación de un ángulo que él denominó ángulo crítico. Lamentablemente el Dr. Bitterlich se equivocó en la demostración de su teorema y el método tenía errores que fueron corregidos en Centroamérica con dos teoremas que dan soporte a los: ***Nuevos Fundamentos para la Relascopía.*** Es conveniente aclarar que, en este muestreo, no se empleó el método original del Dr. Bitterlich sino que el método corregido por Cabrera. Así mismo, en vez del Relascopio de Espejos del Prof. Bitterlich se empleó el Dendroscopio Binocular de Cabrera para la escogencia de los árboles que debían incluirse en la muestra.

Como sería deseable que este documento fuera un auxiliar para los técnicos que lo lean, se presenta un resumen de los nuevos fundamentos desde los cuales se mira actualmente a la relascopía, presentando un resumen de lo más relevante de la obra de Cabrera.

EL POSTULADO DE BITTERLICH

Bitterlich partió de un postulado que, a pesar de constituir el fundamento del método, no ha sido tratado con la importancia que merece por los autores clásicos, quienes ni siquiera llamaron postulado a ese genial supuesto. Fue en Centroamérica en donde, por primera vez, se le dio especial importancia a este postulado (9,10), lo que permitió llegar a comprender a fondo el esquema mental que da fundamento a la relascopía.

Bitterlich asumió una relación entre el área basal del árbol “ab” y el área de su parcela asociada “AB”, haciéndola equivaler a la relación entre el área basal de los árboles existentes en cierta unidad de área “m²/ha” y el área arbitraria de esa unidad 10,000 m²; es decir: $(ab/Ab) = [(m^2/ha)/10000m^2]$.

6.1 POSTULADO

Antes de entrar a explicar el postulado, en las figuras 1 y 2 se presenta el artilugio ideado por Bitterlich para generar cierto ángulo (ángulo crítico según definición de Bitterlich), el cual servirá para ubicarse a una distancia constante de un árbol de diámetro dado:

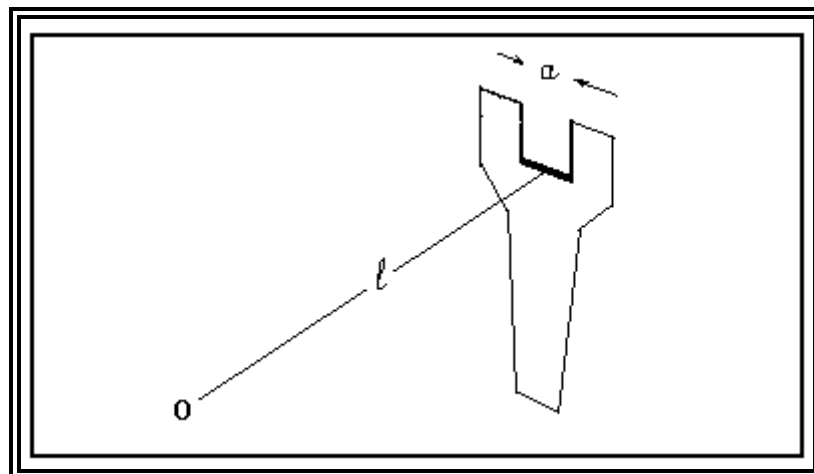


Figura 1 Reloscopio simple en perspectiva Puede observarse en la figura que el ángulo crítico depende de la abertura "a" del aparato y de la distancia "l" entre el ojo "O" y la abertura "a".

El ángulo " β " que se genera con el aparato puede verse mejor en la figura 2 que ofrece una vista en planta de los elementos que lo determinan.

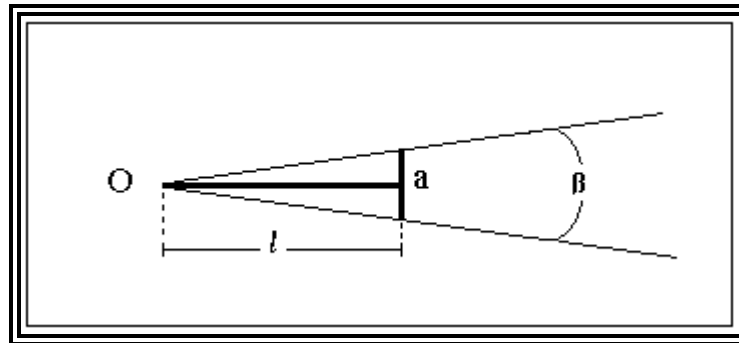


Figura 2 Ángulo generado por el reloscopio Aquí puede notarse mejor el ángulo Beta " β " generado por el Reloscopio

Hasta aquí quedan expuestos los principios para generar la parcela circular de Bitterlich, la cual es presentada a continuación para dar a conocer la manera antropocéntrica como el genial austríaco trató infructuosamente de expresar el fenómeno. No se entrará en detalles sobre esa figura porque esta manera gráfica de exponer los elementos de la relascopía es la que ha provocado el doble problema de: a) haber efectuado una demostración poco ortodoxa y b) dar pie a la creencia de que existe algún árbol en el "borde" de la parcela.

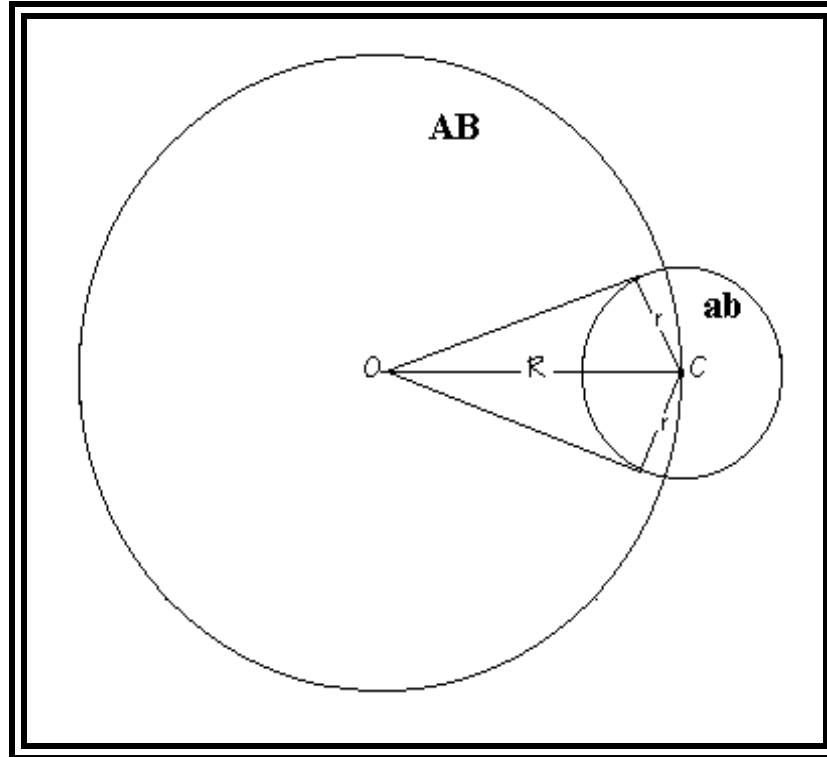
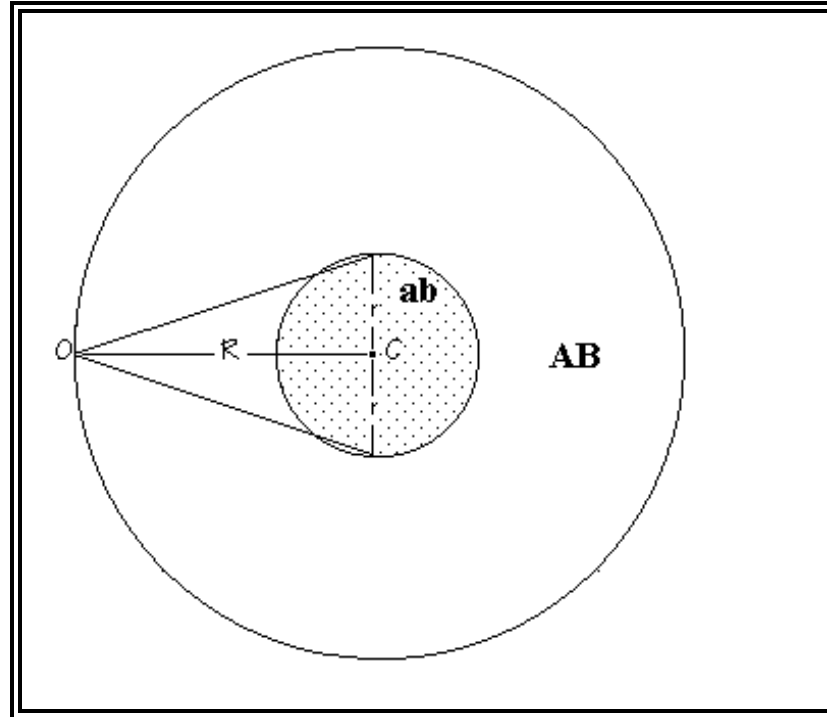


Figura 3 Cómo genera su parcela circular el árbol crítico según Bitterlich. Nótese que las líneas por ser tangentes no intersecan el diámetro y el radio "r" del árbol es oblicuo con respecto al radio "R" de la parcela, además el árbol con centro en C pareciera estar en el borde de una parcela, ilusión conceptual ocasionada por la forma en que se concibió la figura.

La nueva concepción de los fundamentos de la Relascopía es dendrocéntrica, con lo cual se encontró la figura correcta que da sustentación intuitiva a la teoría. Esta concepción toma como centro de la parcela al árbol y hace que el observador de un giro imaginario al rededor del mismo. El procedimiento consiste en mirar un árbol con cierto ángulo constante y hacer que su diámetro quede intersecado en sus extremos. La distancia "R" desde el observador "O", hacia el centro "C" del árbol se considerará como el radio de una parcela circular. Así pues, tomando como eje el centro "C" del árbol, imagínese un giro de 360° que genere la parcela circular del árbol intersecado y se tendrá la figura 4 en la cual ab es el area basal del árbol y AB es el area de la parcela generada:

Figura 4 Cómo genera su parcela circular el árbol crítico.
Al hacer un "barrido" de 360°



con base en el centro “C” del árbol, se genera una parcela circular de area basal "AB" asociada con el area basal "ab" del árbol intersecado. Nòtese aquí que las líneas imaginarias del ángulo si intersecan el diámetro y que el radio “r” del árbol es recto con respecto al radio “R” de la parcela. Nòtese que no existe ningún árbol en el borde de la parcela.

En el concepto de Bitterlich cada árbol intersecado, sea èste delgado o sea grueso, contribuye con los mismos metros cuadrados por hectárea o sea un area basal constante; aunque esto no sea razonable, ya que el sentido común indica que el area basal debiera ir en relación proporcional con el diámetro del árbol, se partirá de este supuesto ante todo porque aún no ha sido demostrado que cada árbol (aún empleando el método de Bitterlich), debiera contribuir con distinta area basal por hectárea, lo que implicaría un nuevo método de muestreo.

El Postulado de Bitterlich, interpretado según el sistema decimal, afirma lo siguiente: El area basal "ab" del árbol intersecado está relacionada con el area



basal "AB" de la parcela generada, como el area basal por hectárea "FAB", está relacionada con los 10,000 m² de la hectárea. Lo anterior expresado en lenguaje matemático y tomando el FAB como una constante "k", se expresa:

$$(ab/AB) = (K/10,000)$$

En donde: ab = area basal del árbol intersecado a 1.3m del suelo.

AB = area basal de su parcela circular asociada.

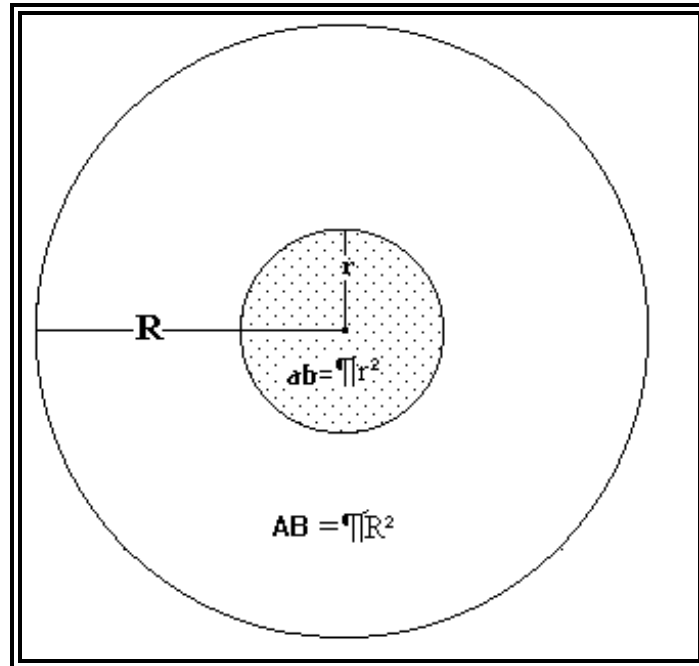
k = metros cuadrados por hectárea (FAB del relascopio).

10,000 = metros cuadrados de la hectárea.

TEOREMAS

Cuando el teorema algebraico fue demostrado en Centroamérica, no se utilizó ninguna figura geométrica ya que bastaba trabajar con los conceptos y las definiciones para el campo de los números reales. Si aquí se exponen figuras desde el principio se debe a las exigencias didácticas impuestas a un documento que pretende ser comprendido por la mayor cantidad posible de forestales autodidáctas. Siguiendo esta intención se presentará la figura 5, la cual destaca el radio "R" de la parcela, el radio "r" del árbol, el area del árbol intersecado " πr^2 " y el area de la parcela generada " πR^2 ". Cabe recalcar que en la original demostración algebraica no se sabía la ubicación del árbol crítico; simplemente se llegó al resultado $k=(50d/R)^2$. Posteriormente se buscó aquella figura que, trabajada trigonométricamente, llegara al mismo resultado algebraico, lo cual era prueba de que esa era la figura correcta y no otra.

Figura 5 Elementos a considerar en la primer mitad
del postulado



En el dibujo el area del árbol está representada por πr^2 , y el area de la parcela por πR^2

Teorema: El factor de area basal “k” ($m^2/ha/\text{árbol}$), se obtiene al elevar al cuadrado el resultado de dividir entre la distancia “R”, el diámetro multiplicado por cincuenta “50d”.

$$k = (50d/R)^2$$

Cuadro 1 demostración algebraica

1.- $(ab/AB) = (K/10,000)$	1.-Dado por Bitterlich
2.- $k = FAB$	2.-Valor constante: $m^2/ha/\text{árbol}$
3.- $ab = \pi r^2$	3.-Definición de area del círculo para el árbol
4.- $AB = \pi R^2$	4.-Definición de area del círculo para la parcela
5.- $(\pi r^2/\pi R^2) = (k/10,000)$	5.-Sustituyendo (3) y (4) en (1)

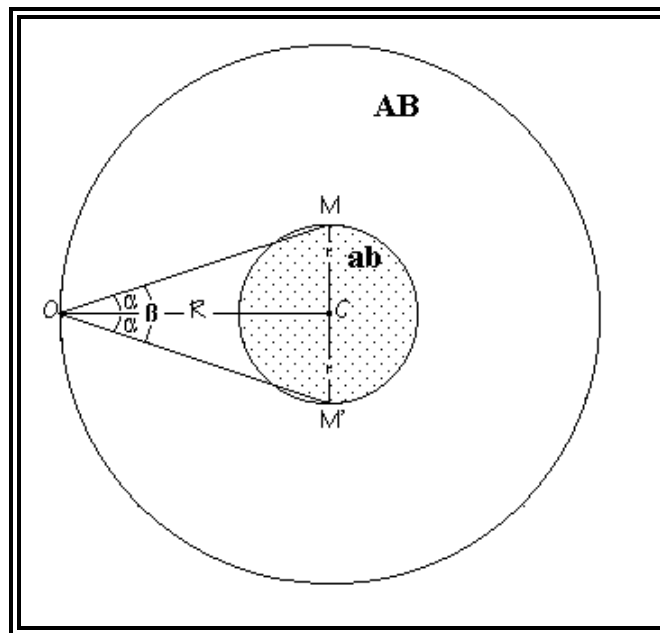
cuadro 1 continúa...

... Tabla 1 continuación

6.- $(r/R)^2=(k/100^2)$	6.-Efectuando operaciones indicadas y propiedad de los reales
7.- $r/R = \sqrt{(k/100^2)}$	7.-Propiedad de la igualdad
8.- $(2r/2R) = \sqrt{(k/100^2)}$	8.-Propiedad de la igualdad
9.- $2r = d$	9.-Definición de diámetro
10.- $(d/2R) = \sqrt{(k/100^2)}$	10.-Sustituyendo (9) en (8)
11.- $(d/2R) = \sqrt{k/100}$	11.-Propiedad de los reales
12.- $d/R = 2(\sqrt{k/100})$	12.- Propiedad de la igualdad
13.- $d/R = \sqrt{k/50}$	13.-Efectuando operaciones indicadas
14.- $k = (50d/R)^2$	14.-Como se quería demostrar (por conmutatividad y ropiedades de los números reales)

Ahora se procede a demostrar el teorema trigonométrico partiendo de los elementos de la figura seis.

Figura 6 Elementos utilizados en la demostración trigonométrica.



Sea OC la distancia "R" entre el observador "O", y el centro "C" del árbol. Sean M y M' los puntos extremos del diámetro "d" del árbol, formado por dos radios "r" colineales. Trácese los rayos OM y OM' generados por algún relascopio. Obsérvese el area ab del árbol y el area AB de la parcela generada y se tendrán los elementos necesarios para la demostración.

Con el fin de facilitar la comprensión del teorema trigonométrico, en la figura 7 se presentan los elementos más importantes para su demostración.

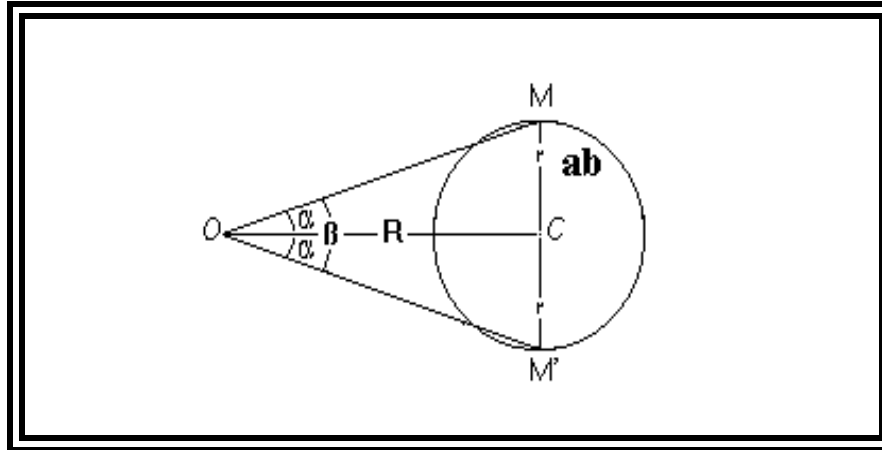


Figura 7 Elementos más importantes de la demostración trigonométrica. La distancia crítica "R", será el lado común de los triángulos congruentes OCM & OCM'. Sus ángulos agudos alfa "α" forman el ángulo crítico beta "β". Nótese que los rayos OM y OM' son secantes por intersectar en dos puntos a la representación circular del árbol.

Cuadro 2 demostración trigonométrica

1.- $(r/R)^2 = k/100^2$	1.-Dado (paso (6) demostración algebraica)
2.- $r/R = \tan \alpha$	2.-Dado en la figura 5
3.- $\tan^2 \alpha = k/100^2$	3.-Sustituyendo (2) en (1)
4.- $r = d/2$	4.-Definición de radio
5.- $(d/2)/R = \tan \alpha$	5.-Sustituyendo (4) en (2)
6.- $d/2R = \tan \alpha$	6.-Propiedad de los reales
7.- $(d/2R)^2 = \tan^2 \alpha$	7.-Propiedad de la igualdad
8.- $(d/2R)^2 = k/100^2$	8.-Sustituyendo (7) en (3)
9.- $k = (100d/2R)^2$	9.-Conmutatividad y propiedad de los reales
10.- $k = (50d/R)^2$	10.-Como se quería demostrar

el árbol crítico, por lo tanto, no es el árbol tangente de Bitterlich sino que el árbol secante límite, el cual es intersecado por el ángulo crítico en los

extremos de su diámetro. El árbol tangente está más allá de la distancia crítica: no genera ninguna parcela para el ángulo o FAB utilizado.

7. CUÑAS ÓPTICAS

Como podrá apreciarse en la figura 8, la literatura clásica expone de una manera errónea los principios ópticos del prisma; emplea además términos inadecuados y nombra ángulo crítico a un dibujo imaginario; esto constituye una aberración conceptual como se podrá comprobar en el análisis que se presentará después de la figura 8 la cual es absurda y, por no poder sufrir ninguna explicación racional, se le presenta solo como ejemplo de una manera simplista, inadecuada e inexacta de exponer el fenómeno.

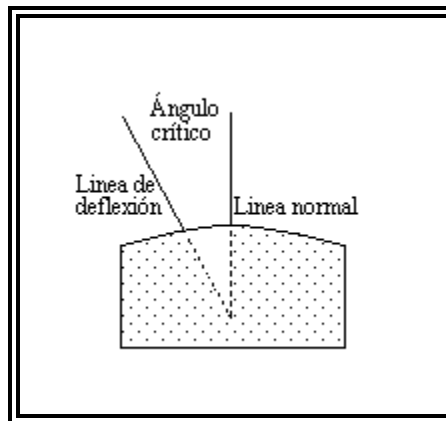


Figura 8 Explicación óptica inexacta sobre el fenómeno del prisma

El fenómeno no es tan sencillo como lo presentan los clásicos de la relascopia, por lo que se expondrán varias figuras para que no resulte confuso el análisis. En la figura 9 se presenta la mayoría de los elementos y en las figuras 10, 11 y 12 se agrega la presentación gradual del fenómeno.

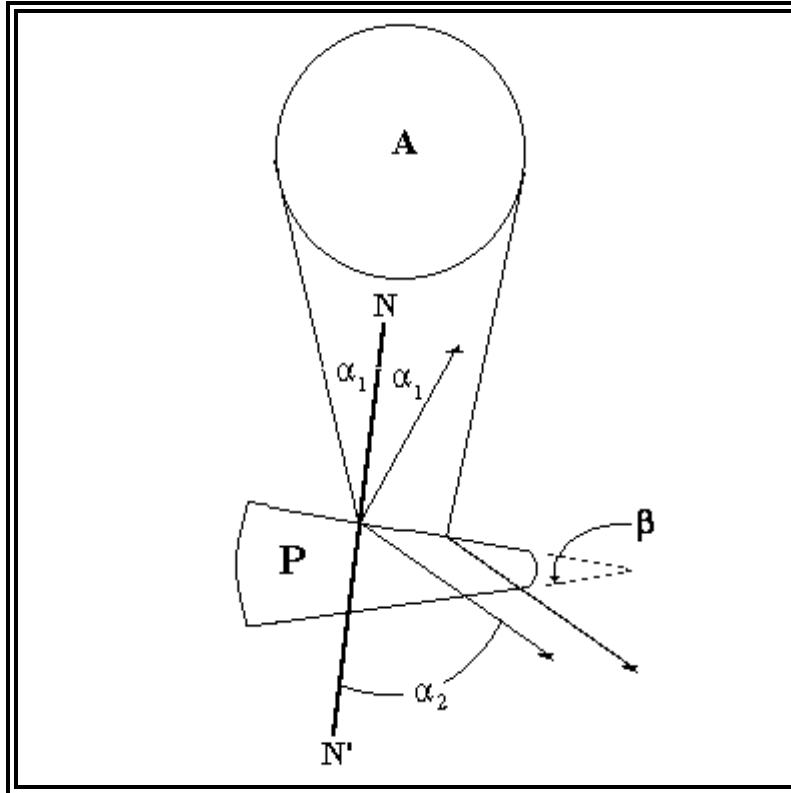


Figura 9 Vista en planta del verdadero fenómeno que se produce en una cuña óptica. En la figura de arriba P representa al prisma, la recta NN' es la normal a la superficie de incidencia que el prisma ofrece al árbol "A". El rayo de incidencia y el rayo reflejado forman el ángulo alfa sub uno " α_1 " con la normal "N", y el rayo refractado forma el ángulo de refracción alfa sub dos " α_2 " con la normal "N". Beta " β " es el ángulo formado por las "caras" del prisma.

Es evidente que hizo falta dibujar el ángulo que, desde el punto de fuga "F", subtiende las visuales hacia el árbol. Este elemento no se dibujó para facilitar la comprensión del fenómeno; además, carece de importancia en la generación de este fenómeno óptico, razón por la cual a la hora de muestrear no importa la distancia que exista entre el ojo del observador y el prisma.

Si se analiza a fondo la figura se notará que por más esfuerzo que se haga resulta imposible ver el ángulo crítico theta " θ " supuesto por los autores



clásicos. Lo único que es posible afirmar es que, para que algún prisma tenga el mismo efecto de cierto relascopeo con ángulo theta “ θ ” dado, deberá combinar los efectos del ángulo Beta “ β ” de las caras de la cuña y los ángulos alfa sub uno “ α_1 ”, y alfa sub dos “ α_2 ”, relacionados por la ley de Snell que determina el índice de refracción del medio dos con respecto al medio uno “ n_{12} ”; en síntesis, para que un prisma con cierto poder dióptrico funcione como un relascopeo de ángulo theta “ θ ” dado, deberá considerarse que dicho ángulo es función de los elementos del prisma como se expone abajo.

$$\theta = f(\beta, \alpha_1, \alpha_2)$$

o, más exactamente

$$\theta = f(\beta, n_{12})$$

En palabras: “el ángulo theta es función del ángulo formado por las caras del prisma y por el índice de refracción del material conque halla sido fabricado”.

Es obvio ue en ningún momento influye el ángulo hacia el punto de fuga y menos el ángulo inventado por los autores clásicos (ver figura 8 pag. 14).

Hacia atrás del prisma se produce el fenómeno siguiente:

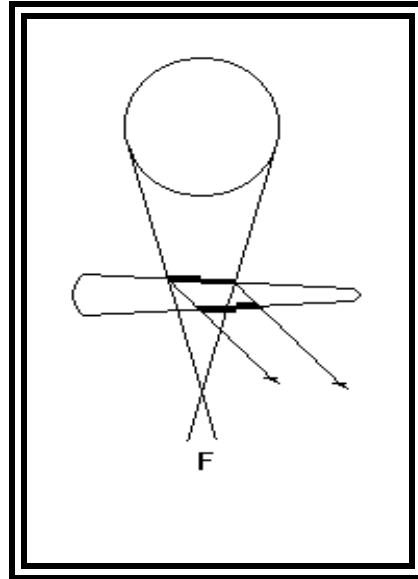


Figura 10 Vista en planta que insinúa la ubicación del punto de fuga. Se muestran pocos elementos para que quede insinuado hacia donde queda el punto de fuga "F", el cual queda definido cuando el observador se aleja del árbol hasta que su imagen queda completamente desplazada, como se expone en la figura 11

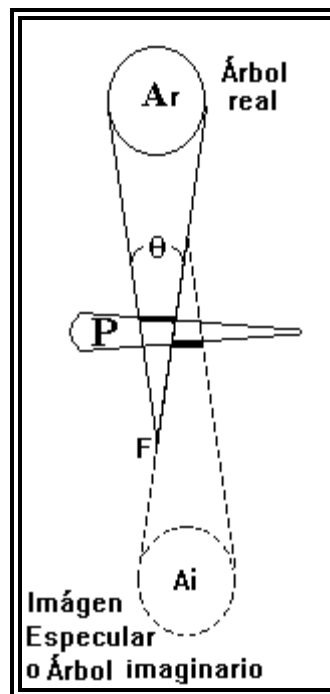




Figura 11 Vista en planta de la ubicación del punto de fuga. Solo cuando se ha desplazado por completo la imagen especular del árbol, se genera un ángulo theta " θ " (no necesariamente el ángulo crítico), desde el punto de fuga "F", y lo hace hacia atrás del prisma, en el aire, y no a partir del prisma como equívocamente había sido presentado hasta la fecha.

Es conveniente agregar que el ángulo theta " θ " así generado será diferente al ángulo theta del relascopeo que es sustituido por la cuña óptica. Lo que importa de la figura 11 es que hace obvio el hecho de que el punto de fuga "F" no ejerce ninguna influencia sobre el fenómeno; es más, resulta ser una variable dependiente de sus elementos fundamentales expuestos en la figura 9, razón por la cual no importa a qué distancia esté el prisma del ojo del observador.

El modelo de la figura 11 queda mejor expuesto con las cuatro secuencias (A B C y D), presentadas en la figura 12 en la cual el lector deberá imaginar que con el prisma "P" ejecuta cuatro alejamientos del árbol y que observa el movimiento de la imagen especular (la que está inmediatamente atrás del prisma), hasta que una de sus tangentes es colineal con la tangente que va de la árbol real "Ar" a la imagen especular "Ie" del árbol.

Estas figuras deberán tomarse como lo que son: simples modelos que pretenden reflejar de la mejor manera posible el fenómeno, no debe extrañar entonces que se esté trabajando con árboles tangentes ya que es lo que el ojo ve; es más, si se analiza conceptualmente (en el sentido de utilizar la imaginación), se verá que el punto de fuga no toca a la tangente de la imagen especular ya que hay que girar levemente las figuras para que queden ortogonales a la superficie del prisma.

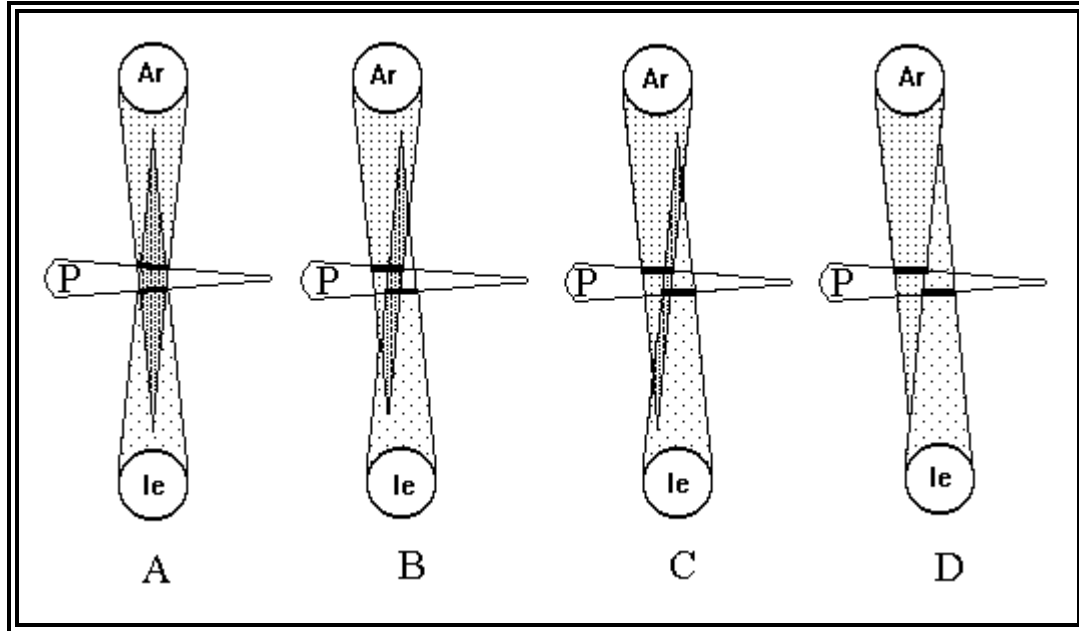


Figura 12 La imagen especular “le” del árbol real “Ar” y su desplazamiento. Nótese la imagen especular “le” del árbol en las posiciones A, B, C y D. Véase como se va desplazando hasta llegar a su posición límite en “D”.

Se insiste en el hecho de que La figura 12 no es más que: “UN MODELO QUE OFRECE LA MEJOR EXPLICACIÓN DIBUJABLE DEL FENÓMENO”. Otro modelo más exacto podría hacerse tomando medidas en el campo y representar el dibujo a escala, pero este grado de meticulosidad es innecesario porque esta parte interpretativa no tiene ninguna importancia en los resultados; prueba de ello es que el método funcionaba a pesar de la incorrecta exposición clásica.

Para finalizar el análisis se presentan las figuras de vista en planta y proyección en pantalla, que permiten entender lo que ocurre cuando se observa algún árbol en la práctica:

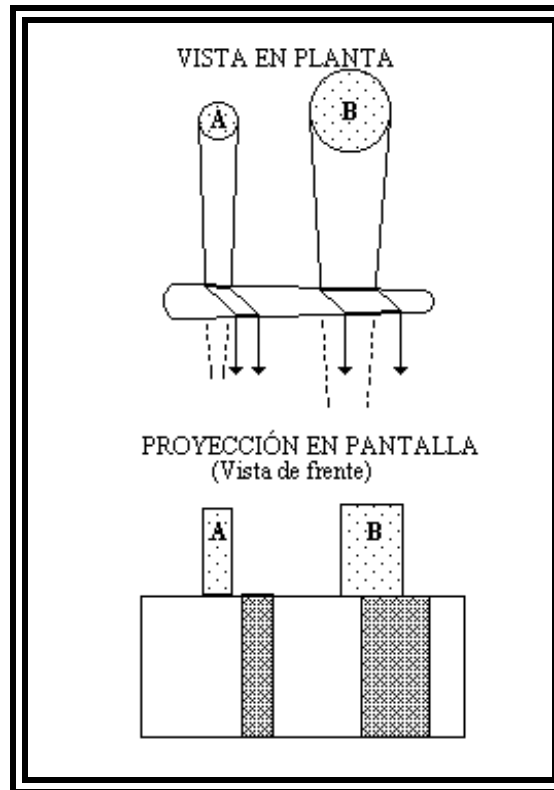


Figura 13 Vista en planta y proyección en pantalla del desplazamiento de la imagen del árbol. Se ilustran dos casos, el árbol A completamente desplazado y el árbol B parcialmente desplazado, el cual representa a los árboles que deben medirse en el conteo.

7.1 CALIBRACIÓN DE

PRISMAS

En la figura 14 puede observarse la manera más fácil y exacta de calibrar prismas. La base es el concepto de dioptría. Por cada dioptría el prisma óptico desplazará hacia un lado una unidad en cien unidades. El prisma se apoya en el canto de una mesa y a cien centímetros se coloca una regla graduada en centímetros. Si el extremo de la regla es desplazado en "n" centímetros, entonces el prisma tendrá n dioptrías. El procedimiento se expone en la figura siguiente.

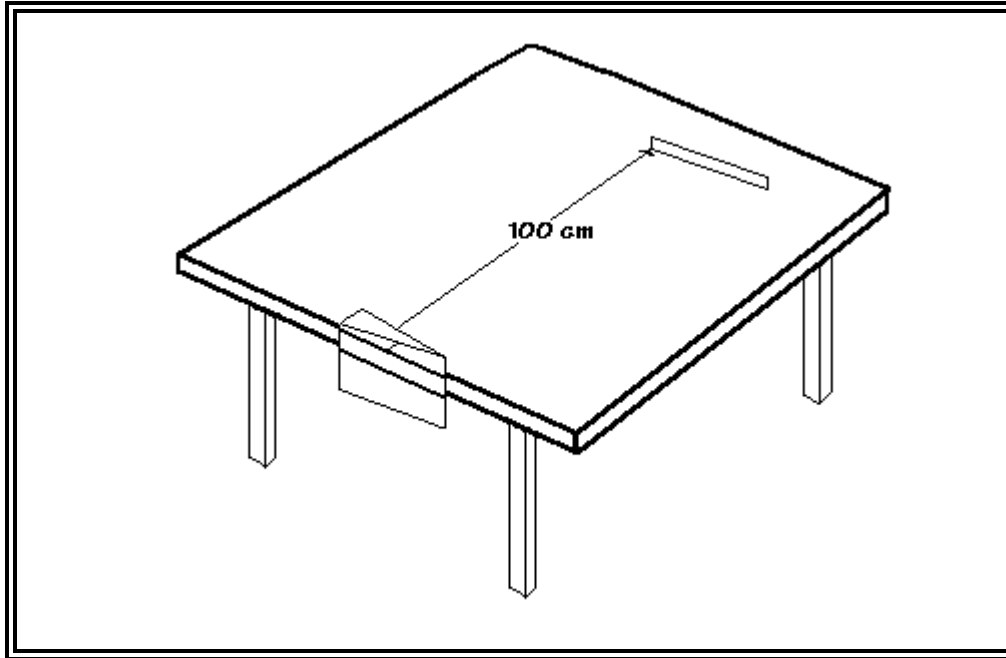


Figura 14 Determinación de las dioptrías en el gabinete de trabajo. Nótese que se han medido sobre la mesa cien centímetros (100 cm). En un extremo se observa el prisma apoyado en el canto de la mesa y al otro extremo una regla que deberá estar graduada en centímetros.

Para que quede más clara la exposición del procedimiento se presenta la figura 15 en la cual se ilustra la forma de determinar las dioptrías.

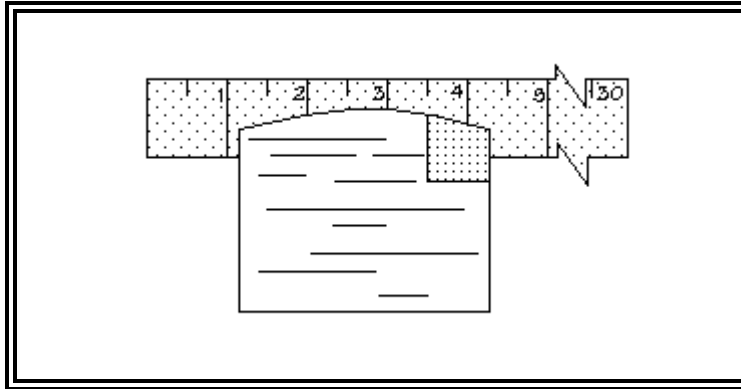


Figura 15 Medición directa de las dioptrías Puede observarse el extremo de la regla desplazado tres centímetros y medio (3.5 cm), por lo que el prisma es de 3.5 dioptrías.

Aunque de lo expuesto en este documento resulta obvia la manera de hacer la conversión de dioptrías a factor de area basal “FAB”, se presenta la tabla que facilita la conversión. No se cita ninguna fuente porque en el año mil novecientos setenta y nueve, cuando el autor la elaboró, carecía de mayor información bibliográfica y la elaborò desarrollando el siguiente algoritmo: a) en la columna A consideró un diámetro constante de un metro, b) llenó la columna C con factores de 1 a 10, c) calculó la distancia a la que debe situarse un observador para desplazar un metro con cada factor de area basal, empleando la fórmula $R = 50/\sqrt{FAB}$; con ello obtuvo los resultados de la columna B, y d) calculó las dioptrías con la división obvia de la columna A entre la columna B multiplicado por cien $((A/B)*100)$, lo que no es más que una simple regla de tres aplicada al concepto de dioptría.



Cuadro 3 Tabla para convertir dioptrías en FAB y viceversa

A	B	C	D
Diámetro	Distancia crítica	Relascope	Prisma
(d) (m)	(R) (m)	(FAB) (m ² /ha)	(Dioptrias) (cm/m)
1	50.00	1	2.00
1	35.36	2	2.83
1	28.87	3	3.46
1	25.00	4	4.00
1	22.36	5	4.47
1	20.41	6	4.90
1	18.90	7	5.29
1	17.68	8	5.66
1	16.67	9	6.00
1	15.81	10	6.32

8. CONCLUSIONES

- El árbol crítico es el árbol secante límite, cuyo diámetro es intersecado en sus puntos extremos por el ángulo crítico.

- El árbol tangente está más alejado que el árbol secante límite, por tanto: **EL ÁRBOL TANGENTE NO DEBE SER TOMADO EN CUENTA EN EL MUESTREO.**

- * Cada árbol intersecado debe concebirse como el centro de su parcela asociada.

- * El método no "traza" parcelas, por lo que carece de sentido hablar sobre el borde de parcela.

- Al incluir el árbol tangente se está sesgando por sobrestimación el peso de la muestra.



- Todos los árboles intesecados deben concebirse como árboles secantes límite de su correspondiente parcela.
- En cada punto muestra se levantan tantas parcelas como árboles hayan sido intersecados.
- En el muestreo puntual horizontal no existen las "medias" parcelas o "medios" árboles, cada árbol genera o no genera una parcela.
- Cada punto-muestra está constituido por un conglomerado de parcelas de dimensiones variables.

9. DISCUSIÓN

Este método de muestreo es tan rico, tan dúctil, que ha recibido varios nombres que ya se mencionaron y que aquí recordaremos: Parcelas de Radio Variable, Parcelas de Dimensiones Variables, Parcelas de Distintas Dimensiones, Barrido Angular (Cruising angle), Barrido Completo (Cruising All). De estas denominaciones las primeras tres son sumamente comprometedoras ya que podrían dar la impresión de que cada parcela varía o de que se está levantando una parcela en el punto de muestreo. De esto a creer que existe algún árbol en el límite de la parcela hay un solo paso que nos lleva de inmediato al concepto de las parcelas de dimensiones fijas, en las cuales sí tiene sentido hablar de árboles en el límite de la parcela. El mundo de la cuantificación forestal andaba confundido al respecto porque, hasta el momento, no se contaba con una exhaustiva exposición del postulado ni de la verdadera concepción del método. Contribuía a ello la oscura e incorrecta demostración original del teorema por una parte y, por otra, que la literatura se ha referido más al empleo de procedimientos y al uso de un aparato (el relascopio), que al profundo análisis del método. Para evitar connotaciones



inconvenientes y darle el nombre más adecuado al método, aquí se le ha llamado MUESTREO POR CONGLOMERADOS DE DIMENSIONES VARIABLES. Esto puntualiza el hecho de que en cada punto-muestra se está levantando un conglomerado de parcelas y que cada punto muestra, dependiendo del número de árboles intersecados, tendrá distinta cantidad de parcelas.

Se ha dicho que este muestreo es probabilístico con respecto al diámetro de los árboles, pero no se ha tomado en cuenta que, una vez determinado el factor de area basal, existe la probabilidad uno de que cualquiera sea el diámetro del árbol, éste contribuya con los k metros cuadrados por hectárea preestablecidos y una probabilidad cero de que pueda contribuir con un metraje distinto por hectárea. Por otra parte, la probabilidad de contar un árbol no depende solo de su diámetro “d”, sino que de otras variables como el factor de area basal “FAB” del aparato, la distancia “R” a la que el árbol se encuentre del observador y del criterio que se tenga sobre el tratamiento del árbol crítico. Si se pudiese crear el algoritmo que permitiera crear un nuevo método de muestreo: el Muestreo por Factor de Area Basal Variable, entonces este método alcanzaría los visos probabilísticos que hasta la fecha se le han adjudicado.

10. APLICACIONES

Para aplicar el método deberán establecerse los corolarios que permitan su aplicación práctica, éstos se pueden deducir del paso (13), de la demostración algebraica:

$$d/R = \sqrt{k/50} \quad (13)$$

10.1 Corolario 1



El diámetro "d", del árbol secante límite se encuentra al dividir entre cincuenta la distancia "R", y multiplicar el resultado por la raíz cuadrada del factor " \sqrt{k} ".

$$d = (R/50)\sqrt{k} \Rightarrow d = 0.02(\sqrt{k})R \quad (15)$$

Ésta fórmula también sirve para determinar el ancho "a" del relascopio simple que se quiera construir con una longitud "l" entre el ojo y el ancho "a", como se expone a continuación:

$$a = (l/50)\sqrt{k} \Rightarrow a = 0.02(\sqrt{k})l \quad (16)$$

10.1.1 Lema 1

Remítase a la fórmula (15) y véase que en la fórmula $d = 0.02(\sqrt{k})R$, ambas partes de la igualdad pueden multiplicarse por cien, con lo cual el diámetro quedará representado convenientemente en centímetros operando:

$$d \text{ metros} = 0.02(\sqrt{k})R \text{ metros}$$

$$100(d \text{ metros}) = 100(0.02(\sqrt{k})R \text{ metros})$$

$$d \text{ centímetros} = 2(\sqrt{k})R \text{ metros}$$

$$d = 2(\sqrt{k})R$$

(17)

Por lo que la distancia "R" se obtiene haciendo:

$$R = d/(2\sqrt{k}) \quad (18)$$



con la fórmula 18 se facilita saber el diámetro “d” a partir de la distancia “R” en metros determinando una constante para cada factor de area basal según se expone en el cuadro 4

Cuadro 4 Constantes para esimación

del diámetro

FACTOR DE AREA BASAL (k)	VALOR CONSTANTE DE CONVERSIÓN ($2\sqrt{k}$)	FÓRMULA ($2\sqrt{k}R$)
1	2.000	$d = 2.000 * R$
2	2.828	$d = 2.828 * R$
3	3.464	$d = 3.464 * R$
4	4.000	$d = 4.000 * R$
5	4.472	$d = 4.472 * R$

Resulta trivial el hecho de que $2\sqrt{k}$ son las dioptrías del aparato, relación notable que se verá más fácilmente como fórmula (22), al final del lema 2. Nótese que el valor en la última columna es adimensional; si por ejemplo se empleara $FAB = 1$, si R fuera 12 metros no querría decir esto que



$d=24$ metros, antes bien, deberá entenderse que $d = 24$ cm y viceversa, si $d = 40$ cm deberá entenderse que con $Fab = 1$ R será 20 m al emplear $FAB = 1$.

10.2 Corolario 2

De la fórmula trece "(13)", se tiene también que la distancia crítica "R" o radio "R" de la parcela generada, se obtiene al dividir entre la raíz cuadrada del FAB "k" , el diámetro multiplicado por cincuenta:

$$R = 50d/\sqrt{k} \quad (19)$$

De igual manera se obtiene la longitud "l" del cordel de un reascopeio dados el factor deseado "k" y el ancho "a" del relascopio:

$$l = 50a/\sqrt{k} \quad (20)$$

Aún cuando con las fórmulas del cuadro 4 es factible obtener la distancia "R" en metros, a partir del diámetro "d" en centímetros, bastando con despejar la distancia "R" en cada fórmula, se presentó el corolario 2 porque permite llegar a un lema notable, el cual se expone a continuación.

10.2.1 Lema 2

Analícese el paso diecisiete "(17)" del lema 1. En donde se muestra que cuando el diámetro "d" está expresado en metros se puede transformar en centímetros si se multiplica por cien.

Si en la fórmula canónica de la relascopía: $k = (50d/R)^2$, el diámetro "d" se sustituyera por su equivalente "2r", el numerador quedaría como $50*2r$; es decir que la fórmula se convertiría en: $k=(100r/R)^2$; ahora bien, si la variable d se convierte en centímetros al ser multiplicada por cien, entonces su mitad (el radio r), también se convierte en centímetros al ser multiplicada por cien; por lo tanto, el factor de área basal k puede obtenerse al dividir el radio "r" del



árbol en centímetros entre la distancia crítica “R” en metros, todo elevado al cuadrado:

$$k = (r/R)^2 \quad (21)$$

O, lo que es lo mismo: $k = (d/2R)^2$

Tomando siempre el diámetro “d” en centímetros y la distancia “R” en metros

Esta es una fórmula muy poderosa. Permite obtener el factor de área basal “k” de un relascopio con solo determinar el diámetro o el radio del árbol secante límite y la distancia crítica “R”; por otra parte, resulta obvio que es posible calibrar prismas obteniendo directamente el factor de área basal “k” a partir de sus dioptrías. Para ello revítese el procedimiento del cuadro 3 de la página 19 y modifíquese el cálculo elevando al cuadrado la mitad de las dioptrías: $[(3.5)/2]^2 = 1.75^2 = 3.06$, por lo que, para encontrar el factor de área basal “FAB” de cualesquier prisma, ya no hay necesidad de consultar tediosas, inexactas y a veces inaccesibles tablas de equivalencias. Este resultado notable se debe a que, en el caso especial del procedimiento analizado, las dioptrías equivalen al diámetro “d” y su mitad al radio “r” y, siendo R igual a uno, se simplifica la operación al quedar resumida a $(r/1)^2$, lo que explica claramente lo racional de operar $(\text{dioptrías}/2)^2$. De igual forma, resulta obvio que el poder dióptrico que deberá tener un prisma para que funcione como un factor de área basal “k” predeterminado puede obtenerse mediante otra fórmula notable porque de la discusión anterior se tiene:

$$(\text{dioptrías}/2)^2 = k$$

$$\text{dioptrías}/2 = \sqrt{k}$$

por lo que:

$$\text{dioptrías} = 2\sqrt{k} \quad (22)$$

10.3 MANUFACTURA DE RELASCOPIOS

Conviene aclarar que en el lenguaje técnico iberoamericano existe falta de meticulosidad en la correcta traducción de ciertos conceptos del idioma inglés, los cuales pueden tener igual o mejor significado en castellano; así, se acostumbra hablar de levantamiento de “clusters”, cuando el término adecuado es “conglomerados”, por otra parte también existe irresponsabilidad de interpretación cuando se deforma el lenguaje en que originalmente se designó un concepto; por ejemplo, suele hablarse de la “Cruz de Jal”, probable degeneración del concepto cruising Hall conque aparece identificado cierto relascopeo simple, concepto que podría interpretarse como “barriendo o recorriendo todo”, pero nunca Cruz de Jal. Aquí se le da el nombre correcto de Relascopeo Simple cuando se trata de un relascopeo con FAB único y Relascopeo Múltiple si contiene varios factores de area basal. Aclarado el concepto procede continuar con la exposición.

Si se quiere calcular anchos variables "a" en cm de relascopeos con una longitud constante "l" de cincuenta centímetros, la fórmula (16), adopta la simplísima expresión:

$$a = \sqrt{k} \quad (23)$$

A continuación, en la figura 15, se presenta un relascopeo múltiple.

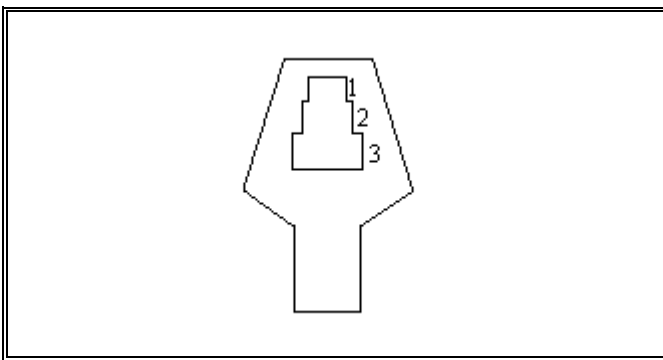


Figura 16 Ejemplo de un relascopio múltiple. Los árboles observados con la abertura 1, 2 o 3, estarán contribuyendo con uno, dos o tres metros cuadrados por hectárea. Para una longitud “l” de 50 cm los anchos “a” son, respectivamente: 1 cm, 1.41 cm y 1.73 cm.

10.4 ESTIMACIÓN DE DISTANCIAS

El resultado de la fórmula (18), cuando se emplea el factor 1 del relascopio se reduce a:

$$R = 50d \quad (24)$$

Aplicando el criterio utilizado en el lema notable, al efectuar “d/100” el diámetro se expresa en metros. Con lo cual la fórmula se convierte en: $R = 0.5d$, o bien $R = d/2$. Esto simplifica la estimación de distancias ya que es claro que la distancia R en metros será igual a la mitad del ancho en centímetros que el aparato interseca, como puede apreciarse en la figura 17

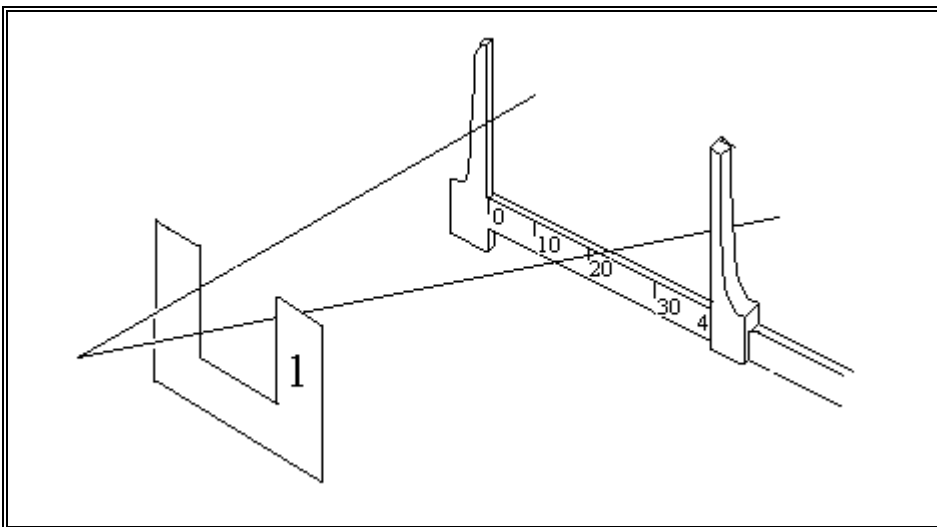


Figura 17 Manera de estimar distancias con un relascopio factor uno y una forcípula. Con un relascopio de FAB 1 se mira hacia una forcípula. Si esta estuviera abierta a 40 centímetros y el observador se alejara hasta que el



ángulo cubriera dicha abertura, se hallaría retirado a veinte metros de la forcípula.

En general, teniendo un relascopeo de $FAB = k$, y una mira de ancho M , la distancia "R" se estimará haciendo:

$$R = 50M/\sqrt{k} \quad \text{o} \quad R = (50/\sqrt{k})M \quad (25)$$

Debe tenerse presente que en este caso el ancho "M" se expresa en metros y que cuando $k=1$ se tiene que $R = 50M$ por lo que en el caso de la figura 17 se opera $R = 50 \cdot 0.40\text{m} \Rightarrow R = 20\text{m}$

Nótese que al mismo resultado se llega utilizando la fórmula dieciocho "(18)", $R = d/(2\sqrt{k})$, solo que en este caso "d" se expresa en centímetros y por ser $k = 1$ se tiene que $R = d/2$, o sea que, para el mismo caso de la figura 17 se tiene $R = 40/2 \Rightarrow R = 20$ donde el 20 es adimensional pero con base en el lema se asume que son metros.