

Studies on Tropical Forest Dynamics and Their Applications

by

Richard Condit, Salomón Aguilar, Rolando Pérez,
Steven Hubbell, and Robin Foster

Center for Tropical Forest Studies
Smithsonian Tropical Research Institute

Many conservationists are recommending schemes for the harvest of natural forests in the tropics. Management of tropical forests requires data on individual species of trees: reproductive biology, growth and survival patterns, and interactions with animals. Our studies of natural forest in central Panama have been aimed at providing this information.

We will discuss the potential harvest of one important timber species -- Prioria copaifera -- and how our data from natural forest might be used to develop a management plan. Simulations of a lifetable for Prioria show that the mean lifespan of a tree after reaching reproductive size is over 300 years. Recruitment is very good, with each adult producing 0.45 saplings per year, and saplings take 75-250 years to reach adult size. Based on these numbers, one could propose a crude harvest scheme. One simple plan would be to harvest a certain fraction of the adults, then to plant enough 1 cm dbh saplings to replace the harvested adults' reproductive potential. Knowing growth and survival of the saplings, one can easily calculate when and how much wood could be harvested in the second cycle.

But these lifetables ignore important aspects of a tree's biology, such as individual variation in growth or changes in growth and mortality with canopy opening. We have data addressing these issues which I will incorporate into a much more detailed model for harvesting Prioria. I would like to collaborate with INRENARE in Panama to develop and implement such a plan.

Estudios Sobre la Dinámica del Bosque Tropical
y sus Aplicaciones

por

Richard Condit, Salomón Aguilar, Rolando Pérez,
Stephen Hubbell, y Robin Foster

El Centro de Ciencias Forestales del Trópico

y

El Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales

Para manejar la tala comercial de madera de bosques naturales, es necesario obtener datos sobre especies específicas en el bosque, incluyendo el crecimiento, la mortalidad, la reproducción. Hemos estado estudiando una parcela de 50 hectareas en un bosque tropical en el centro de Panamá desde hace 10 años, con la meta de conseguir información de un gran número de especies de árboles. Se discutirá aquí nuestros datos de una especie importante como un ejemplo del uso de información de bosques naturales en el manejo de poblaciones. El ejemplo es una especie de madera importante -- el cativo (Prioria copaifera).

El cativo es una de las especies mas importante en la tala comercial de madera en Panamá. Tiene dos características apropiados para la tala: tiene madera dura, y ocurre

naturalmente en bosques casi mono-específicos. Pero no hay ningun dato sobre el creciminteo y la mortalidad del cativo en bosques naturales, y el cativo ocurre en nuestra parcela en la Isla de Barro Colorado (IBC) bosque de alta diversidad. Entonces, podemos contribuir con informes básicos sobre el cativo, datos de mucha importancia para el manejo del mismo.

La mortalidad de esta especie es muy baja en comparación con otras. En todos las clases de tamaño arriba de 1 cm de diámetro a la altura del pecho (dap), la mortalidad fue menos de 0.5% por año entre 1982 y 1985 (Gráf. 1). De 57 plantas mayores de 64 cm de dap, ninguna murió en tres años. Para la mayoría de especies comunes en la parcela en IBC, la mortalidad anual fue 2%-8%. La mortalidad baja es una característica adecuada para el manejo.

El crecimiento fue muy rápido en los cativos grandes (Gráf. 2), más de 15 mm dap por año entre 1982 y 1985. Esta es una característica adecuada para manejar el cativo. Pero, el crecimineto de los juveniles fue lento, menos de 1 mm por año (Gráf. 2), presentandose un problema de manejo en el primer caso.

Nuestros datos señalan que será posible mejorar el crecimiento de juveniles. Mientras la gran mayoría de los juveniles crecieron poco (menos de 2 mm por año), hubo un número pequeño que crecieron mas rápidamente -- hasta 10 mm por año (Gráf. 3). Hemos revisado estas plantas con alto crecimiento, y muchas continuaron el crecimiento rápido hasta 1990. Como ejemplo, podemos citar el caso de una planta que tuvo 3.5 cm de dap en 1982, 7.8 en 1985, y 15.2 en 1990, 16 veces mas rápido del

promedio. En general, si comparamos los datos de crecimiento de 1982-1985 y de 1985-1990, podemos notar una alta autocorrelación de crecimiento en todos los tamaños. También, las plantas que demostraron un crecimiento alto en 1982-1985 tuvieron menos probabilidad de morir en 1990, comparados con plantas que crecieron poco.

Parece que hay condiciones en el bosque que permiten el crecimiento alto de los juveniles de cative, pero estas condiciones son raras. Una meta importante para el manejo del cative sería investigar estas condiciones, y actualmente estamos trabajando en ello.

Se usó el método de las matrices de Lefkovitch para simular la población del cative. Este método usa la tabla de vida como las probabilidades de transición entre clases de tamaño; con una computadora, es posible repetir las mismas calculaciones para cualquier número de años. Tomando los promedios de crecimiento y mortalidad, las simulaciones indican que el tiempo de vida del cative es de 240 años después de 1 cm de diámetro. Después de alcanzar el tamaño de 32 cm de dap, el tiempo de vida es 333 años. La sobrevivencia de plantas desde 1 cm de dap hasta 32 cm de dap es alta, casi 50% (Gráf. 4).

El tiempo necesario para alcanzar este tamaño es 60-150 años (Gráf. 5). Se necesita mucho tiempo por que las plantas pequeñas crecen lentamente. Estos datos muestran que sería importante continuar estudios detallados de esta especie para determinar aspectos que hagan este periodo mas corto.

Por consecuencia de lo expuesto en este trabajo, podemos

hacer recomendaciones sobre el manejo del cativo. Se sugiere que debe sembrarse 2.5 plantas de 1 cm de dap por cada adulto que se quiere talar, porque la sobrevivencia hasta 32 cm de dap es del 40%. Será necesario esperar 60-150 años antes de talar estas plantas. Sería recomendable dejar los árboles de 10-30 cm, porque en este intervalo los mismos crecen rápidamente y dan mucha madera en poco tiempo. De esta manera, podemos talar madera más tempranamente.

Pero, en este trabajo no hemos presentado el comportamiento de esta especie exactamente. El modelo del computador no incluyó algunos asuntos importantes. Por ejemplo, no incorporó la autocorrelación en crecimiento y la relación entre el crecimiento y la mortalidad. También, no hemos considerado el crecimiento de juveniles en claros. Es posible que el tiempo hasta madurez sería menos si estos comportamientos se incluyeran en el modelo. Tenemos algunas informaciones de IBC sobre los mismos tópicos, y estamos desarrollando un modelo más completo de la dinámica de las poblaciones de árboles tropicales.

Adicionalmente, reconocemos la importancia de tener datos de crecimiento y mortalidad en las regiones de tala comercial (por ejemplo, en bosques pantanosos de cativo). Será necesario hacer algunas parcelas de estudios en las mismas regiones. Pero, no necesitamos 10 años de nuevos datos, por que los datos de IBC indican varios patrones a largo plazo. Entonces, quizás será posible desarrollar un plan de manejo detallado con solamente uno o dos años de nuevos datos en una región de tala comercial para el desarrollo del estudio. También, en un bosque dominado por

una especie, como el cativo, se necesitaría tener una parcela de solo media-hectarea, más o menos. El tamaño de 50 hectareas es importante en nuestro caso sobre IBC, por que hay un gran número de especies.

Quisieramos enfatizar la importancia de estudios de bosques naturales en los tropicos. Si se quiere utilizar un bosque natural, se hace necesario un estudio del bosque natural. Hay muchas especies de árboles de valor comercial en los trópicos de las cuales no tenemos ninguna información. Hemos tratado de demostrar aquí el significado de estudios en bosques naturales. Necesitamos muchos estudios básicos y mucha colaboración entre ecólogos e ingenieros forestales para aplicar los estudios al manejo de árboles tropicales.

Literatura

- Leigh, E. G., Jr., A. S. Rand, y D. M. Windsor, eds. 1990. Ecología de un Bosque Tropical: Ciclos estacionales y cambios a largo plazo. Smithsonian Institute Press.
- Hartshorn, G. S. 1975. A matrix model of tree population dynamics. Pp. 41-51 en F. B. Golley y E. Medina, Eds. Tropical Ecological Systems: Trends in Terrestrial and Aquatic Research. Springer-Verlag, New York.
- Hubbell, S. P., y R. B. Foster. 1986. Canopy gaps and the dynamics of a neotropical forest. Pp. 77-96 en Plant Ecology, M. J. Crawley, ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Hubbell, S. P., y R. B. Foster. 1987. La estructura espacial en gran escala de un bosque neotropical. Revista de Biología Tropical, 35 (Supl. 1): 7-22.
- Hubbell, S. P., y R. B. Foster. 1987. The spatial context of regeneration in a neotropical forest. Pp. 395-411 en Colonization, Succession, and Stability, A. J. Gray, M. J. Crawley, y P. J. Edwards, eds. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Hubbell, S. P., R. Condit, y R. B. Foster. 1990. Presence and absence of density dependence in a neotropical community. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B, 330: 269-281.
- Welden, C. W., S. W. Hewett, S. P. Hubbell, y R. B. Foster. 1991. Sapling survival, growth, and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest.

Ecology, 72: 35-50.

Leyendas de Gráficas

Gráfica 1. La razón de mortalidad en cativo sobre IBC, 1982-1985. La razón se calculó como

$$1 - \sqrt[t]{S}$$

donde $\underline{S}$ es la fracción de tallos que sobrevivió y $\underline{t}$ es el promedio del tiempo entre censos de las plantas en una clase de tamaño.

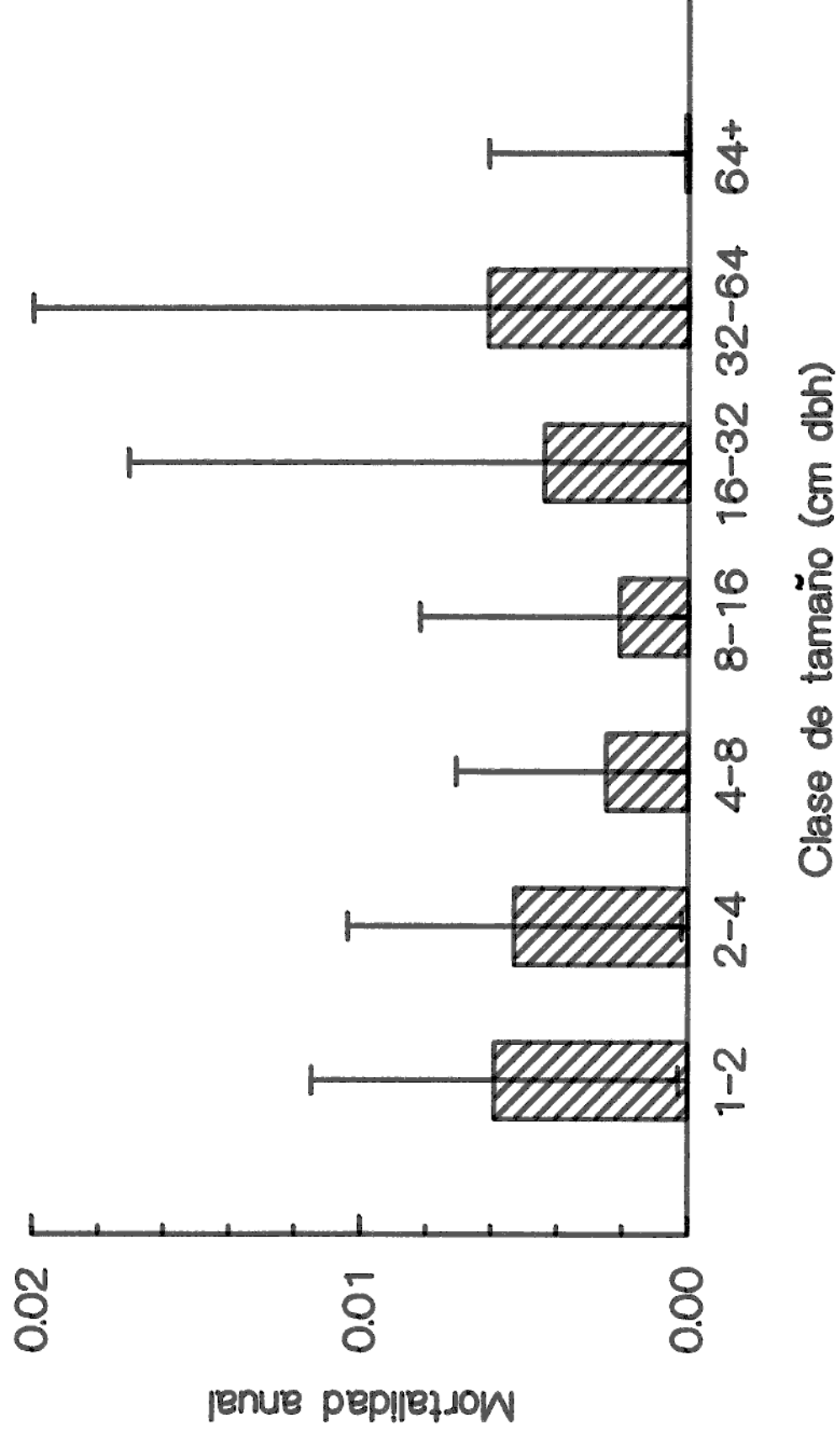
Gráfica 2. El promedio de crecimiento en cativo sobre IBC, 1982-1985. En las dos clases grandes, esto es un promedio cortado -- las medidas extremas se removieron de ambas colas de la distribución. Plantas con tallos rotos no se incluyeron en los promedios.

Gráfica 3. La distribución de crecimiento de juveniles de cativo sobre IBC, 1982-1985. Un pequeño número de plantas que disminuyeron no se incluyeron (8 plantas de 1-2 cm, 29 plantas de 2-4 cm). Estos fueron probablemente errores de medidas; sí se incluyeron en los promedios en Gráfica 2.

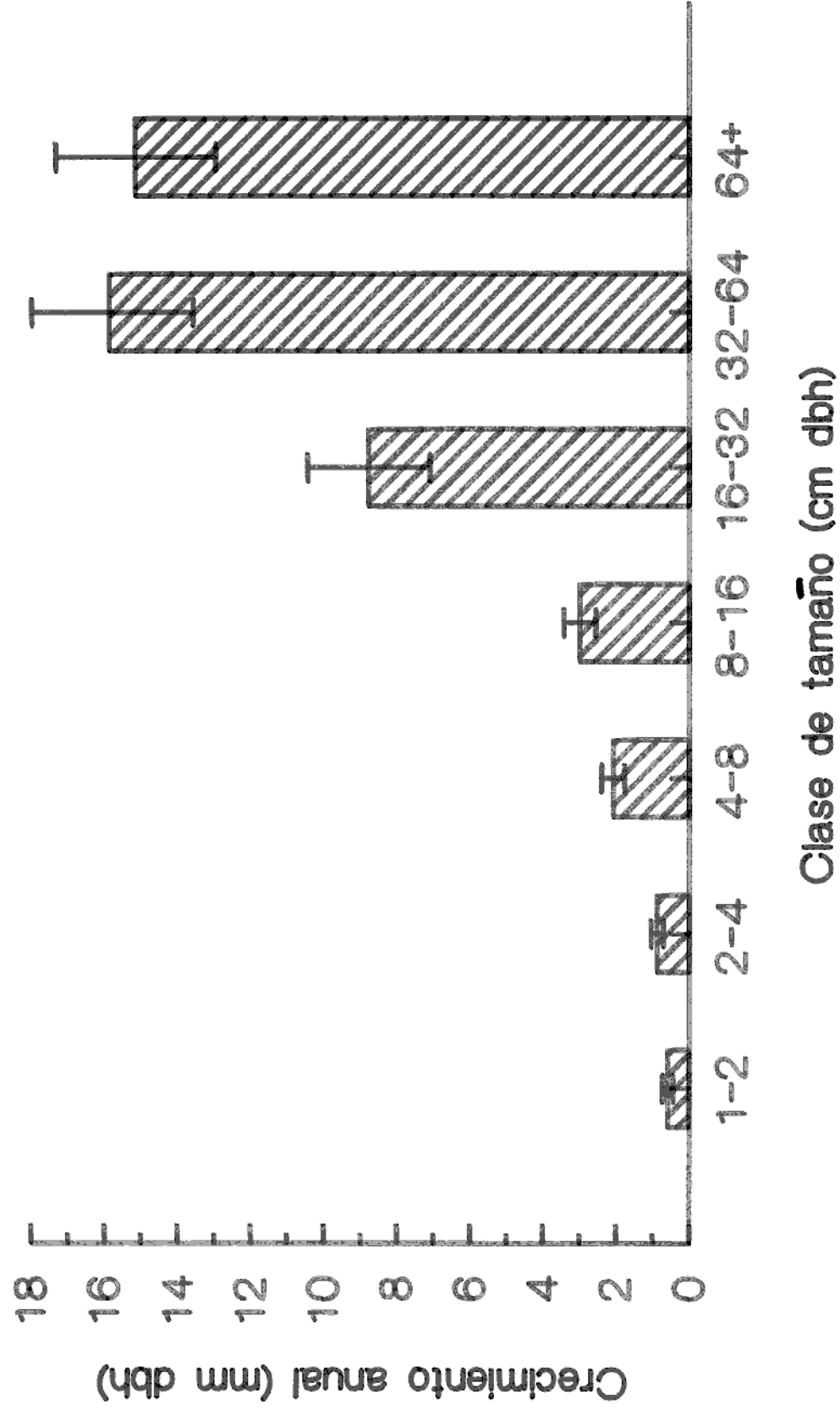
Gráfica 4. La fracción de plantas de 1 cm de dap que sobrevive hasta varios tamaños, segun las simulaciones de computadora con las matrices de Lefkovitch. La matriz fue construido con los datos del crecimiento y la mortalidad entre 1982 y 1985 en el cativo sobre IBC.

Gráfica 5. La distribución de tiempos desde 1 cm de dap hasta 32 cm de dap, segun las mismas simulaciones de Gráfica 4.

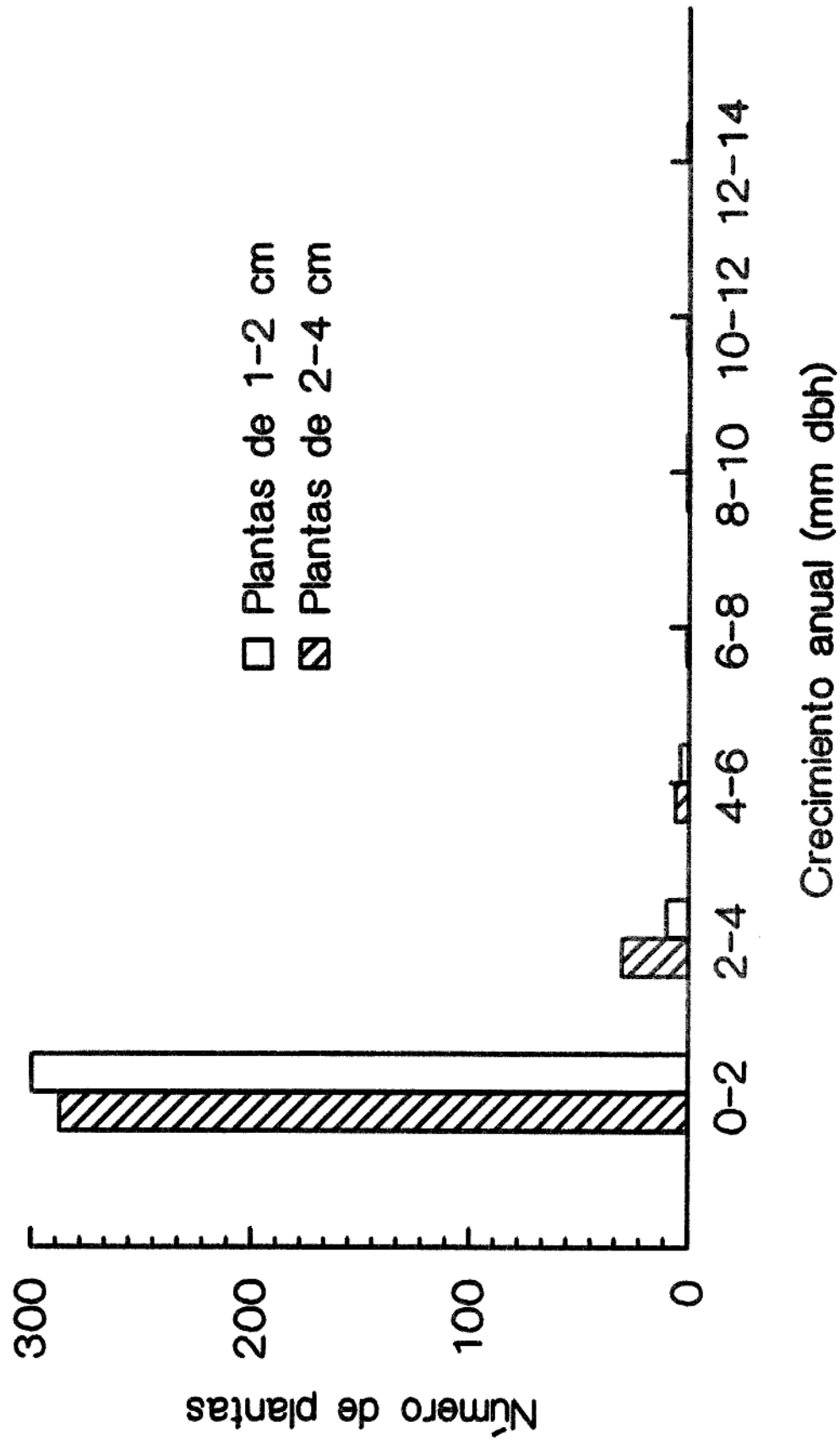
Mortalidad del cativo



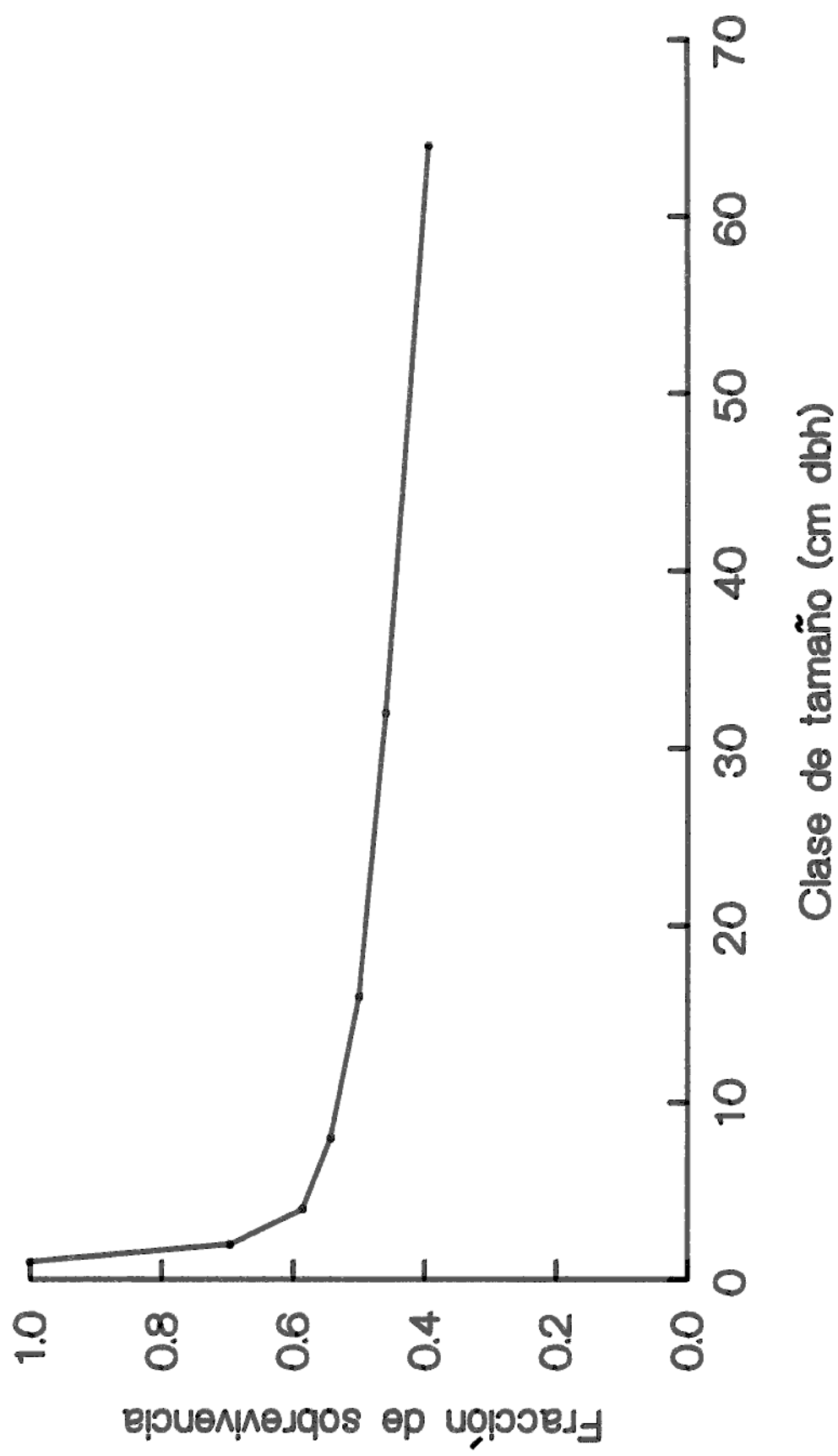
Crecimiento del cativo



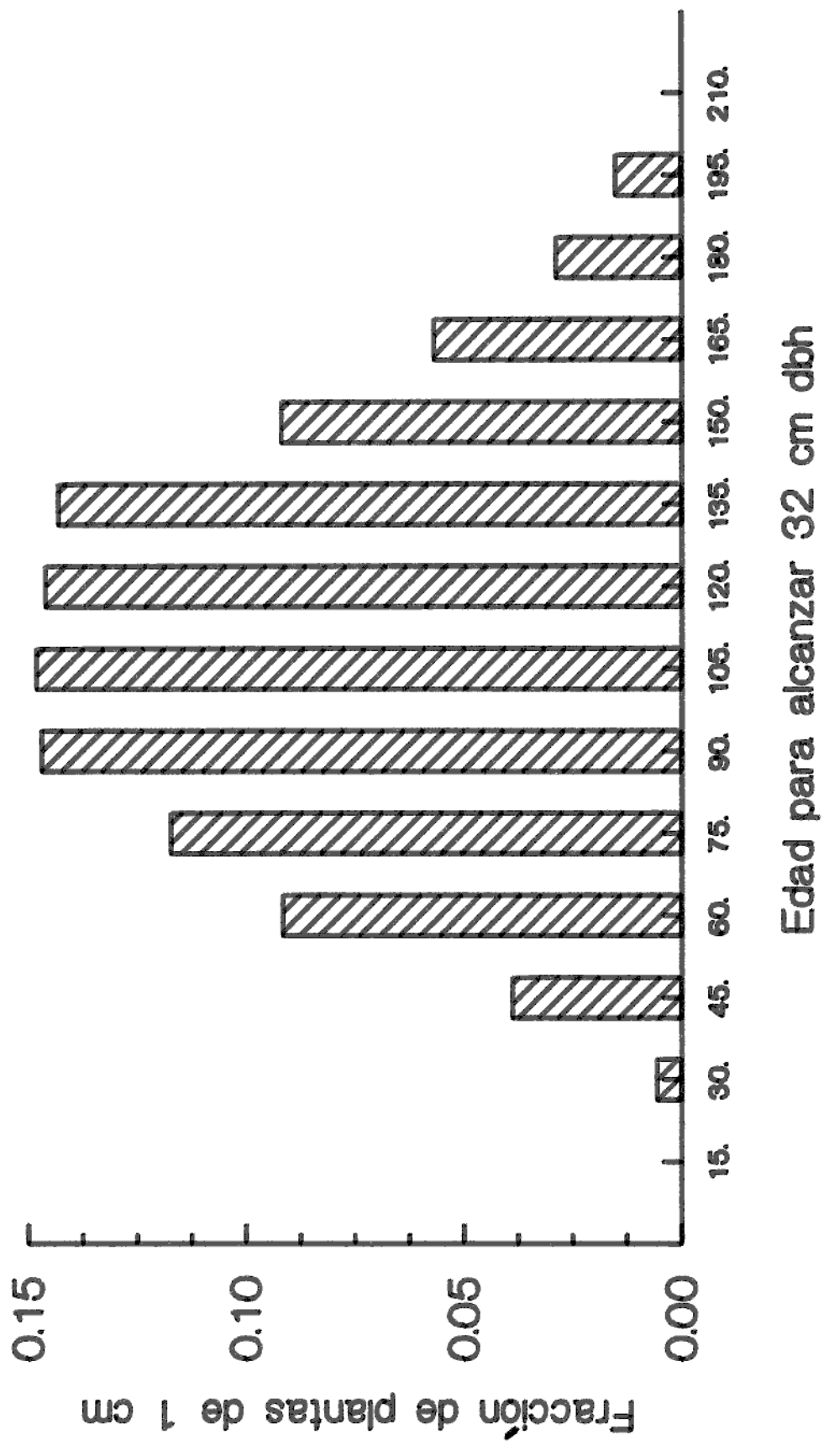
Distribución de crecimientos juveniles del cativo



Sobrevivencia del cativo



Maduración del cativo



Condit et al. – REDCA 1991

Estudios sobre la dinámica del bosque tropical y sus aplicaciones

Appendices

Lifetables of forest trees as management tools

Repeated censuses of the same forest allow estimates of growth rates and mortality rates for a population. These data are necessary for successful management of a harvested tree population.

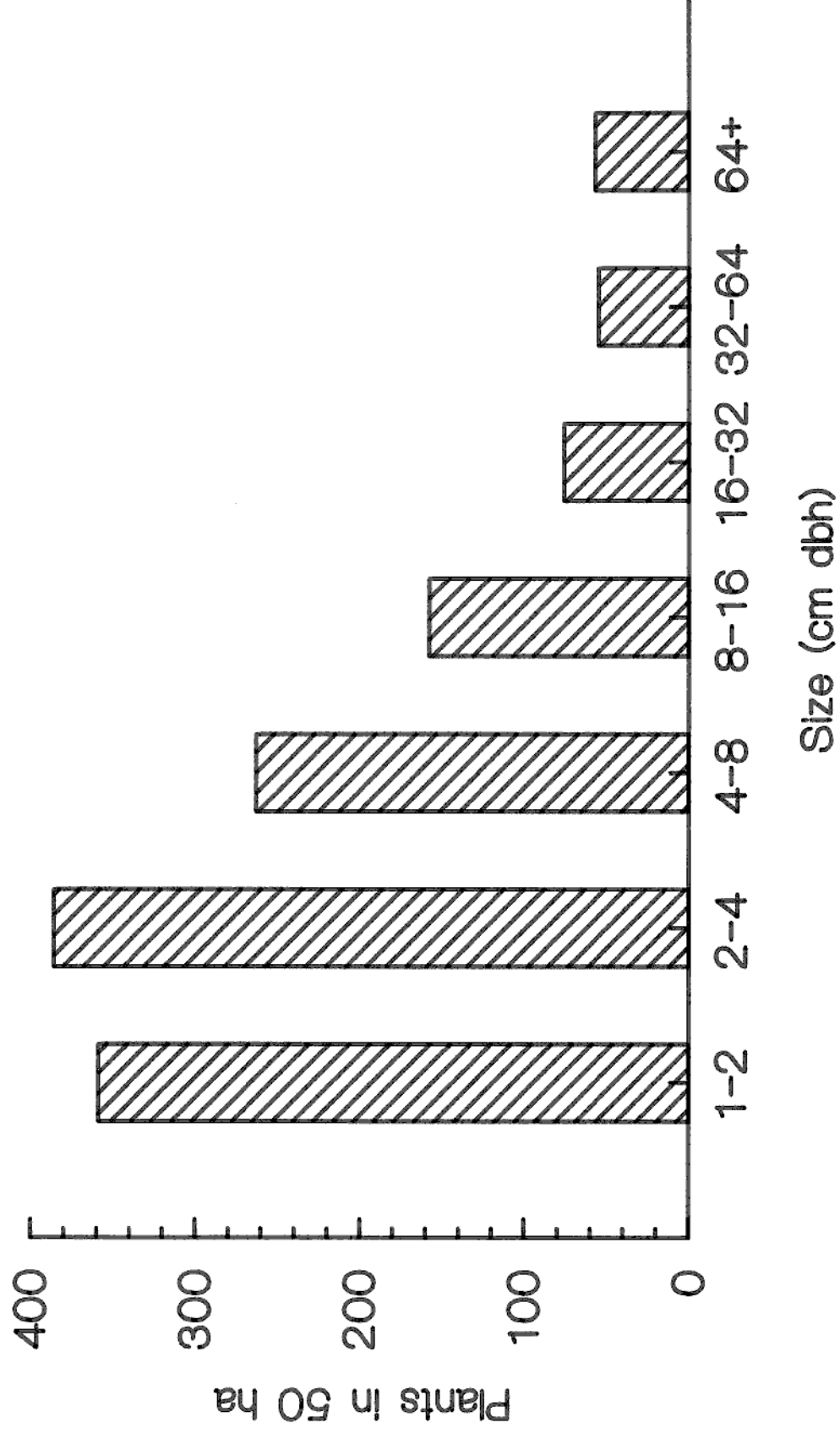
Prioria copalifera is a large, common tree in the BCI forest. Its wood is considered high quality, and it is used by the logging industry in Panama. Like many species with good, hard wood, Prioria suffers very low mortality rates, but grows at a slow or moderate rate. Sustained harvest protocols can be based on this knowledge. Very low adult mortality suggests that harvests should leave adult trees, and take a fraction of subadults, and simulation models of a the population can determine optimal harvest schedules. These models will be greatly improved after a 3rd census has been finished at BCI, because we can then determine the importance of individual variation in lifetable parameters.

Lifetable for Prioria copalifera

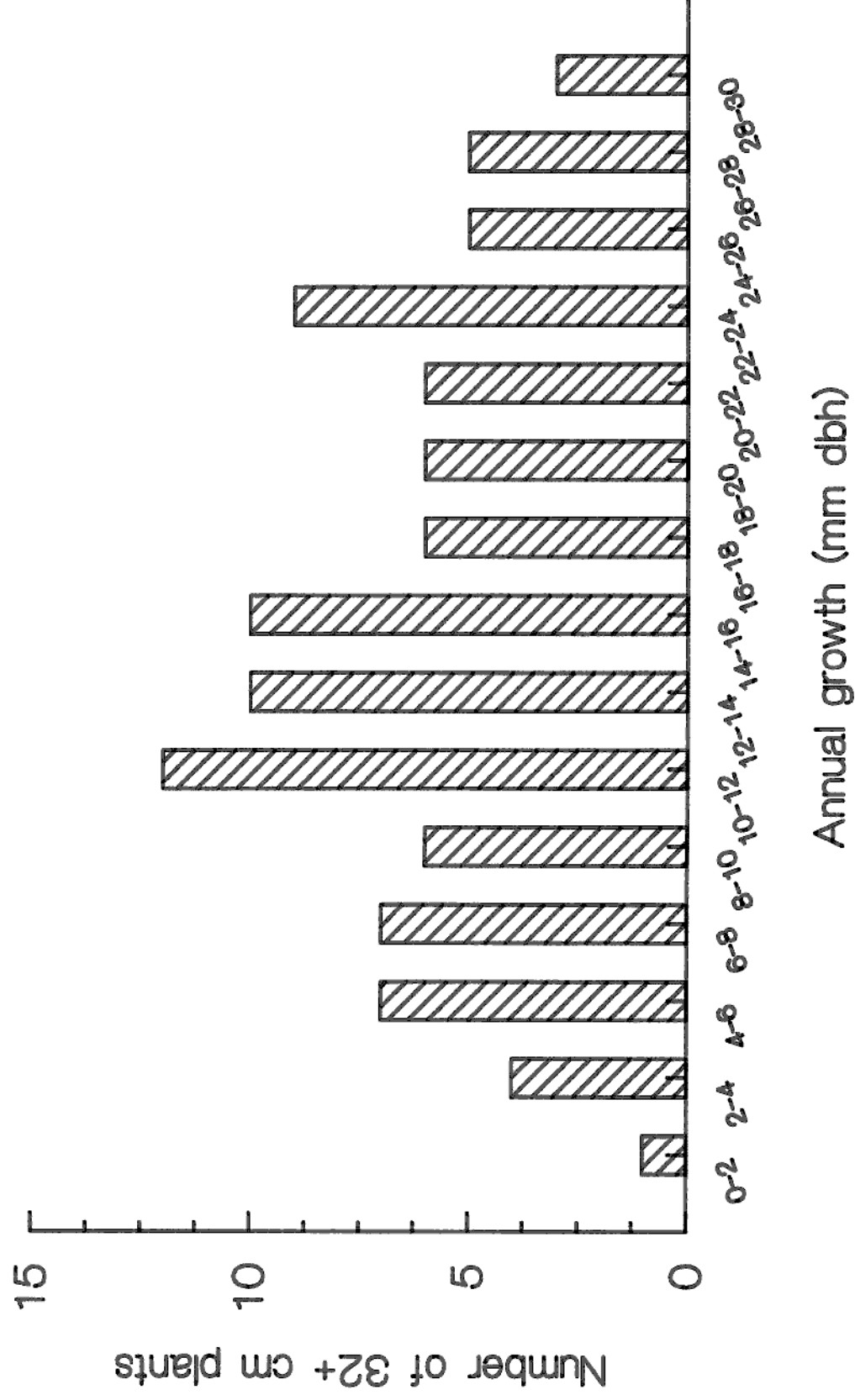
Size class (cm dbh)	stems in 1982	mortality rate (3 yr)	prob. of growth	mean growth (dbh per yr)
10-20	125	0.01	0.10	0.36
20-30	36	0.03	0.31	1.15
30-40	25	0.00	0.36	1.56
40-50	19	0.00	0.37	1.16
50-60	13	0.08	0.53	1.49
60-70	8	0.00	0.38	1.89
70-80	12	0.00	0.25	1.75
80-90	11	0.00	0.55	1.71
90-100	11	0.00	0.27	1.08
100+	19	0.00	0.21	0.51

The census plot in Malaysia has many more species of high commercial value, including at least 10 dipterocarps (with prized hardwood) and 70 species of trees that produce fruit edible by humans. A second census of the Pasoh forest has recently been finished, and lifetables and harvest schemes for valuable species there will be developed.

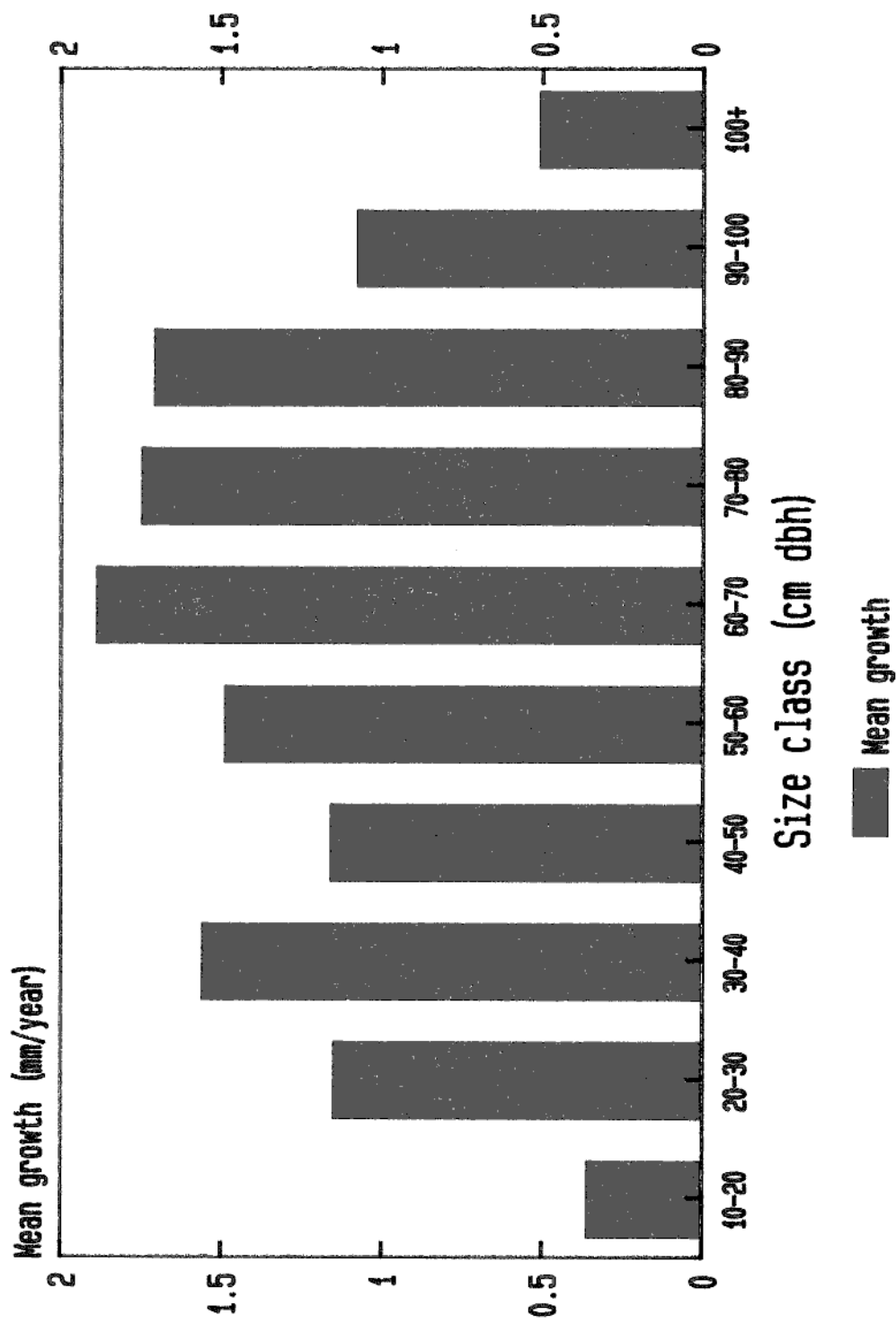
Size distribution of cativo



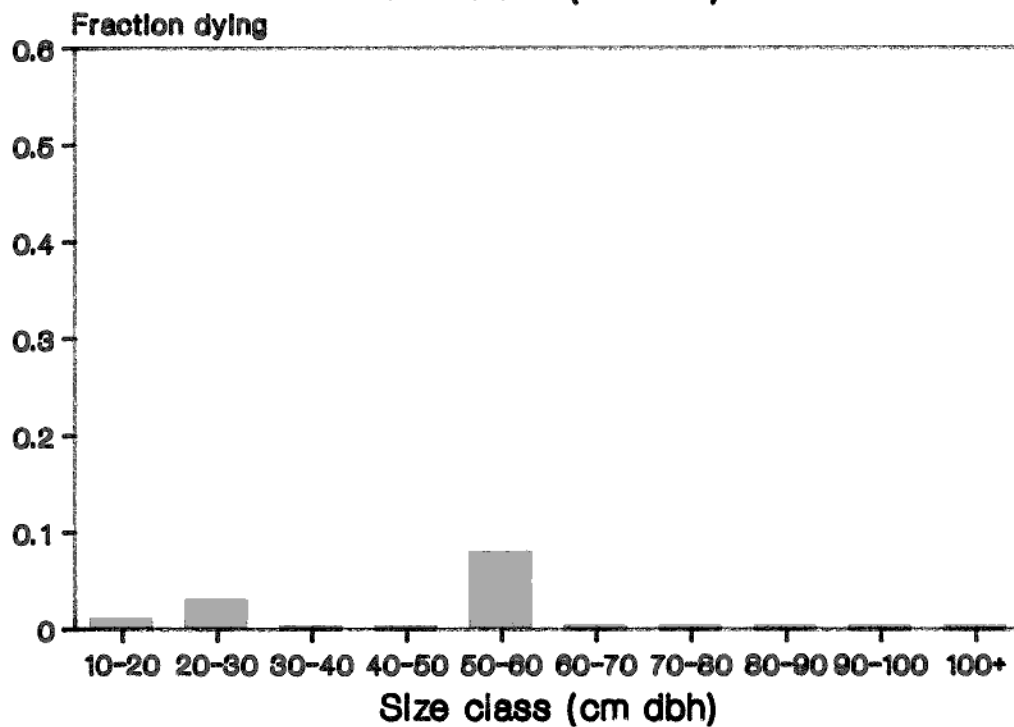
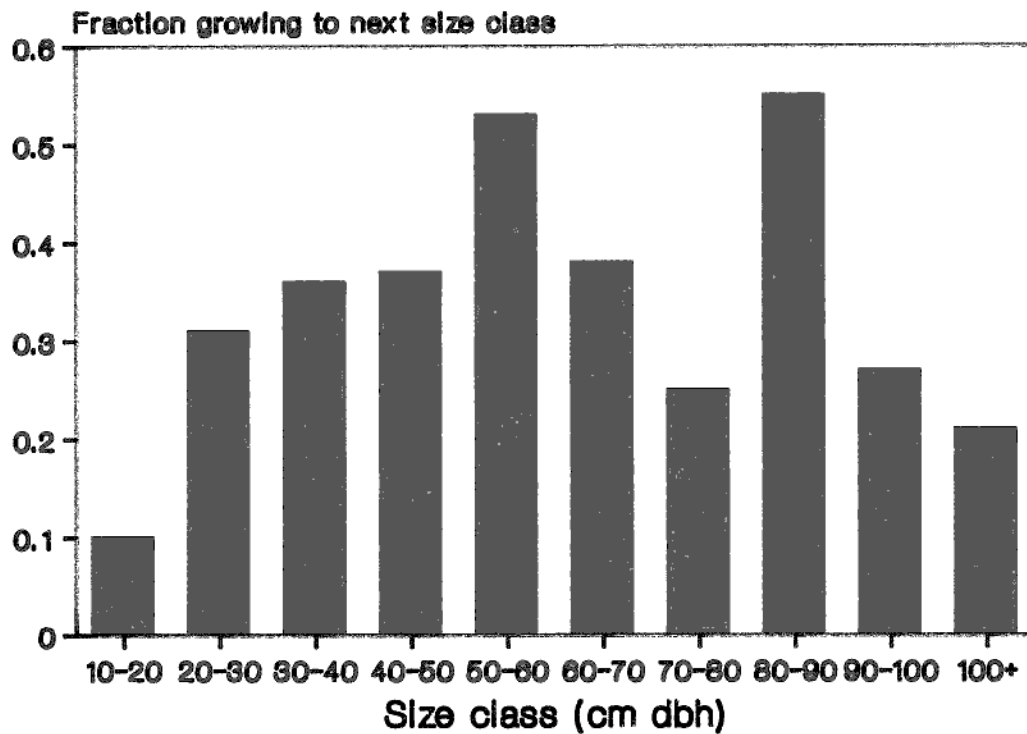
Distribution of growth of large cativo



Lifetable for *Prioria copaifera*



Lifetable for *Prioria copaifera*



Mortality rate in PRIC, 1982-1985, along with upper and lower confidence limits, sample size in 1982, and the mean time (yrs) between visits for plants in each group. Mortality rate is annualized using the given time interval t, and taking $1 - \text{the } t\text{th root of the fraction survived}$.

spp	size	mort	CI		N	time
pric	1	0.0059	0.0116	0.0003	359	2.86
pric	2	0.0053	0.0104	0.0002	386	2.95
pric	4	0.0025	0.0071	-0.0021	263	3.09
pric	8	0.0021	0.0082	-0.0040	158	3.08
pric	16	0.0044	0.0174	-0.0083	76	3.03
pric	32	0.0061	0.0244	-0.0115	55	2.99
pric	64	0.0000	0.0060	-0.0059	57	2.89