

# MORTALIDAD MASIVA Y RETARDADA DE ARBOLES DESPUES DEL HURACAN JUANA

Por Douglas H. Boucher • John H. Vandermeer • María Antonia Mallona  
Nelson Zamora • Ivette Perfecto • Iñigo Granzow

Walker (1995) recientemente demostró que la mortalidad retardada después del huracán Hugo en el bosque húmedo subtropical de Puerto Rico fue considerablemente más alta que la mortalidad durante, e inmediatamente después, de la tormenta. El estimado general de la mortalidad se incrementó de menos uno por ciento en la séptima semana después del huracán, a 7.5 por ciento después de casi un año, y a 13.3 por ciento después de 3.3 años. Walker también descubrió este patrón en otros estudios sobre mortalidad causada por tormentas tropicales, indicando la importancia del monitoreo a largo plazo en la evaluación de los efectos de las perturbaciones. En este artículo reportamos el mismo patrón encontrado en el bosque húmedo tropical de tierras bajas de Nicaragua afectado por el huracán Juana, aunque con una mortalidad mucho mayor que la encontrada en la mayoría de los otros estudios.

El huracán Juana, una tormenta de categoría cuatro, afectó la costa de Nicaragua el 22 de octubre de 1988, con vientos de más de 250 km/h (Cortés y Fonseca 1989, Boucher 1989, Vandermeer *et al.* 1990). Cerca de 500,000 ha de bosque tropical húmedo

de tierras bajas fueron devastadas. Evaluaciones sobre los daños se llevaron a cabo en febrero de 1989, cuatro meses después de la tormenta, mostrando un 80 por ciento de los árboles truncados o completamente tumbados, y un estimado de 22.5 por ciento de mortalidad entre las especies de madera dura de 5 cm de DAP\* o más (Yih *et al.* 1991).

Los datos que aquí se presentan vienen de censos anuales de árboles dicotiledóneas realizados en transectos de 10 m x 100 m (0.1 ha) de bosque húmedo en dos sitios diferentes de la región afectada por el huracán (ver mapas en Vandermeer *et al.* 1990, Yih *et al.* 1991). Los bosques en estas áreas son tropicales húmedos de tierras bajas de alta diversidad y dominados por especies de dicotiledóneas y palmas. Descripciones detalladas de los sitios y su vegetación aparecen en Vandermeer *et al.* 1990, Yih *et al.* 1991, y Mallona 1992).

Cuatro transectos, dos en Bodega (11 grados 52' N., 83 grados 58' O., elevación 10-20 m), y dos en Las Delicias (12 grados 18' N., 83 grados 52' O., elevación 30-60 m), se establecieron en 1989, cuatro meses después del huracán; y todos los árboles de 5 cm DAP para arriba, ya fueran vivos o

muerdos, fueron identificados y se registraron sus alturas, diámetros y coordenadas dentro del transecto. La composición del bosque antes del huracán de 1988 se estimó usando datos de todos los árboles; y la presencia o ausencia de hojas verdes se utilizó para determinar qué árboles estaban vivos todavía. Todos los árboles vistos habrían sufrido al menos daños en sus ramas, y todos habían sido defoliados por el huracán.

En febrero y marzo de 1990 (un año y cuatro meses después del huracán), los cuatro transectos del año previo fueron recensados y marcados permanentemente. Se registraron los diámetros y las coordenadas de todos los árboles vivos, reduciéndose el DAP mínimo para muestreo a 3.2 cm. A partir de ese año, todos los árboles encontrados fueron marcados con una etiqueta numerada de aluminio y con un círculo de pintura alrededor del tronco en el punto en que se midió el diámetro. En febrero-marzo de 1991 y en febrero de 1992, los censos se repitieron, usando los mismos métodos que en 1990.

Debido a que nuestro censo inicial (1989) no incluyó el marcado permanente de árboles individuales, la relocalización de individuos en 1990 se

\* Diámetro a la Altura del Pecho

A	B	C	D	E	F	G (=C+E)	H (=D+E)	I (=1.0-H/G)
Localidad	Nombre del Transecto	Presentes en 1988	vivas a 1990	nuevas en 1990 escapadas crecidas		Total vivas en 1988	Total sobrevivientes a 1990	Tasa mortalidad acumulativa, 88-90 (%)
Delicias	Ojos	60	24	11	26	71	35	50.7
Delicias	Zopilote	51	16	17	19	68	33	51.5
Bodega	Colibrí	121	26	9	21	130	35	73.1
Bodega	Ernesto	111	46	9	27	120	55	54.2
TOTAL		343	112	46	93	389	158	59.4

**Tabla 1.**

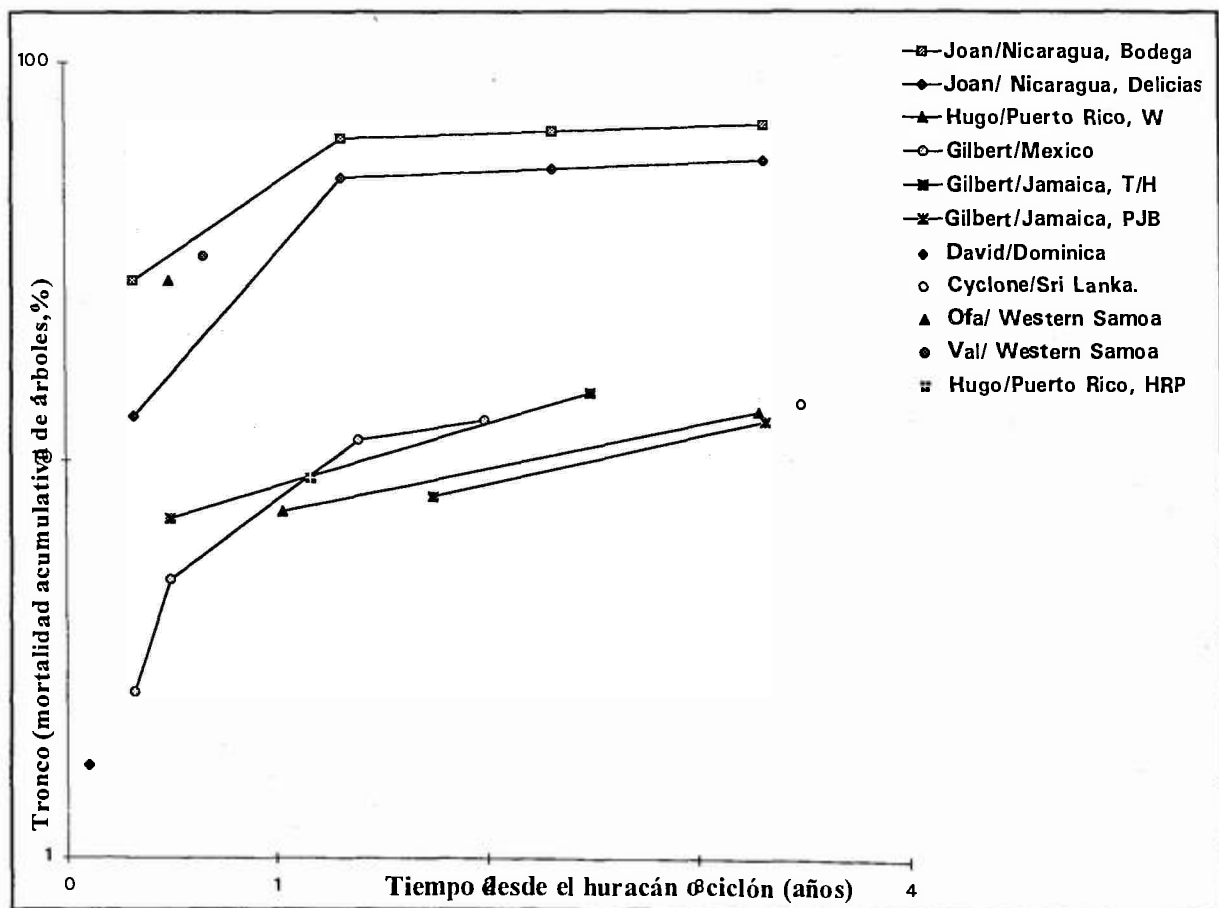
Estimados sobre mortalidad acumulativa en un período de dos años 1988-1990, para árboles de 5 cm DAP o mayores, encontrados en cuatro transectos de 0.1 ha en dos sitios del bosque húmedo de Nicaragua afectado por el huracán Juana. Los árboles encontrados por primera vez en 1990 fueron clasificados ya sea como árboles que escaparon al primer censo, o como plántulas que crecieron después del primer censo, basado en que el DAP de los árboles fuera mayor de 8 cm (asumidos como «escapados») o menor de 8 cm (asumidos como plántulas que crecieron). Ver el texto para un detalle de la metodología.

llevó a cabo por sus coordenadas dentro de la parcela. Esto hace que nuestros estimados de mortalidad entre 1988 y 1990 estén sujetos a mayor margen de error que en los años posteriores, requiriéndose de procedimientos modificados para este período. Los individuos encontrados en el censo de 1990, o bien ya habían sido encontrados en el censo de 1989 o eran nuevos. Los individuos nuevos de 5 cm DAP o mayores eran individuos que habían crecido a esas categorías de tamaño desde 1989, o eran individuos que habían escapado al censo anterior.

Presumimos, con el claro conocimiento de que existe en el muestreo una parcialidad desconocida, que todos los árboles de 8 cm DAP o mayores encontrados por primera vez son individuos que escaparon al censo de 1989, mientras que aquellos árboles de menos de 8 cm DAP representan plántulas y vástagos que habían crecido. Los árboles

«escapados» fueron incluidos en los totales del año previo, con el propósito de calcular la mortalidad (Tabla 1). Cabe notar que esta corrección tiende a reducir los estimados de mortalidad en las estimaciones mínimas de las tasas calculadas en la Tabla 1. Las tasas de mortalidad acumulativa de los árboles presentes antes del huracán (en promedio para cada sitio) son mostrados en una escala semilogarítmica en la figura 1, junto con estimaciones de mortalidad de estudios publicados sobre otros nueve sitios (Hugo/Puerto Rico, W: Walker 1995; Gilbert/México: Whigham *et al.* 1991; Gilbert/Jamaica, T/H plots: Bellingham 1992 y Bellingham *et al.* 1994; Gilbert/Jamaica, PJB: Bellingham 1991 and Bellingham *et al.* 1994; David/Dominica: Lugo *et al.* 1983; Cyclone/Sri Lanka: Dittus 1985; Ofa and Val/Samoa Occidental: Elmqvist *et al.* 1994; Hugo/Puerto Rico, HRP: Zimmerman *et al.* 1994).

La mortalidad total estimada se incrementó de 13 por ciento después de 4 meses, a 51 por ciento después de un año y cuatro meses en el sitio Las Delicias; y de 28 por ciento a 64 por ciento en el sitio La Bodega (Yih *et al.* 1991 y Tabla 1). Por consiguiente, al igual que lo puntualizó Walker (1995), la mortalidad retardada fue considerablemente más alta que la mortalidad durante los primeros meses después del huracán. La mortalidad adicional en años posteriores bajó a los pequeños porcentajes anuales típicos de bosques no perturbados. La figura 1 sugiere, como lo indica Walker (1995), que las tasas de mortalidad basadas en datos de los primeros meses después de la tormenta podrían ser subestimaciones significativas. La mayoría de los casos de mortalidad retardada parecen ocurrir dentro de un lapso de dos años a partir de la perturbación. Sin embargo, las tasas de mortalidad encontradas aquí, tanto inicial como



**Figura 1.** Mortalidad acumulativa de árboles (porcentaje, escala semilogarítmica) versus tiempo transcurrido desde el paso del huracán o ciclón (años), para 11 sets de datos identificados por: Nombre de la Tormenta/Lugar, Subset de datos (donde se aplica). Las fuentes de los datos son: Juana/Nicaragua: Yih *et al.* 1991 y tabla 1; Hugo/Puerto Rico, W: Walker 1995; Gilbert/México: Whigham *et al.* 1991; Gilbert/Jamaica, T/H: Bellingham 1992 and Bellingham *et al.* 1994; Gilbert/Jamaica, PJB: Bellingham 1991 and Bellingham *et al.* 1994; David/Dominica: Lugo *et al.* 1983; Cyclone/Sri Lanka: Dittus 1985; Ofa and Val/Samoa Occidental: Elmqvist *et al.* 1994; Hugo/Puerto Rico, HRP: Zimmerman *et al.* 1994).

retardada, fueron cerca de cinco veces más altas que en la mayoría de los otros estudios (figura 1). Las excepciones son dos ciclones que afectaron Samoa Occidental en 1990 y 1991: Ofa y Val (Elmqvist *et al.* 1994), en los cuales las tasas de mortalidad -28 por ciento después de seis meses y 32 por ciento después de 8 meses respectivamente- fueron comparables a las encontradas aquí. Por consiguiente, mientras que el patrón de rápida recuperación y mantenimiento de la alta diversidad de especies en Nicaragua (Vandermeer *et al.* 1995) es similar a la mayoría de los otros estudios (Foster y Boose 1995, Lugo 1995), los procesos a través de

los cuales estos fueron alcanzados podrían ser bastante diferentes.

Las causas de la mortalidad considerablemente más alta después del Juana, Ofa y Val no son claras. Aunque muchos factores afectan el daño que causan los huracanes, los cuales pueden usarse para predecir este daño (Brown y Walker 1991, Boose *et al.* 1994, Foster y Boose 1995, Lugo 1995), y no obstante que las razones específicas para la alta mortalidad se pueden sugerir para cada caso en particular -e.g. sequía post tormenta en Samoa Occidental; falta de relieve en Nicaragua-, no es obvio que esto sea suficiente para

explicar las diferencias por orden de magnitud vistas en la figura 1. No es el caso que las tormentas que causaron mortalidades altas simplemente tenían vientos más fuertes; de hecho, tanto Gilbert como Hugo tuvieron velocidades máximas de viento más altas y menores presiones mínimas en el ojo del huracán que las tormentas que causaron el mayor daño.

Una hipótesis que vale la pena explorar es que los niveles de mortalidad alta están relacionados a los aparentemente largos períodos que los bosques en Samoa Occidental y Nicaragua habían estados creciendo desde sus últimas

perturbaciones. Elmqvist *et al.* (1994) hacen énfasis en que Ofa fue el ciclón más fuerte que haya afectado este bosque en 160 años, y Val, que lo siguió 22 meses después, fue aún más fuerte. Las rutas de tormentas presentadas por Cortés y Fonseca (1988) indican que nuestros sitios de estudio en Nicaragua probablemente no habían sido afectados por vientos con fuerza de huracán por al menos cien años previos al Juana. Los sitios de Nicaragua y Samoa Occidental podrían haber sido más vulnerables que otras áreas en que las tormentas tropicales han afectado repetidamente en décadas pasadas, tanto porque los bosques hubieran contenido mayor número de árboles grandes, que son más susceptibles a daños (Boose *et al.* 1994, Foster y Boose 1995), como porque hubiera habido menos selección previa sobre tiempo evolucionario y ecológico en contra de la vulnerabili-

dad al viento. Paradójicamente, las regiones en los bordes de la franja de huracanes, tales como Nicaragua, podrían ser afectadas por huracanes con mucha menor frecuencia que las islas del Caribe, pero podrían sufrir una mortalidad de árboles considerablemente alta cuando la tormenta finalmente llega.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Investigaciones y Documentación de la Costa Atlántica (CIDCA) y a la Escuela de Ecología y Recursos Naturales (ECORENA), ambos de la Universidad Centroamericana (UCA), por su apoyo en todos nuestros esfuerzos; y a Marg Reeves, Iñigo de la Cerda, Linda Roth, Ernesto Leymus y los estudiantes de los cursos sobre dinámica del bosque húmedo de la UCA-Universi-

dad de Michigan de los años 1990-1995, por su arduo trabajo de campo. Este estudio fue apoyado por las subvenciones DSR-891768 y DEB-9524061 de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos a John Vandermeer. Esta es otra contribución del Appalachian Environmental Laboratory, Center for Environmental and Estuarine Studies, University of Maryland.

*Traducción de David Bradford.*



Fototeca CIDCA. Claudia Gordillo

*Vista de Rio Escondido, después del huracán Joan.*

## BIBLIOGRAFIA

- Bellingham, P.J. (1991). «Land-forms influence patterns of hurricane damage: evidence from Jamaican montane forests.» *Biotropica* 23: 427-423
- Bellingham, P. J.; Kapos, v.; Varty, N.; Healey, J.R.; Tanner, E.V.J.; Kelly, D. L.; Dalling, J. W.; Burns, L. S.; Lee, D. y Sidrack, G. (1992). «Hurricanes need not cause high mortality: the affects of Hurricane Gilbert on forests in Jamaica.» *Journal of Tropical Ecology* 8: 217-223
- Bellingham, P. J.; Tanner, E. V. J. y Jealey, J. (1994). «Sprouting of trees in Jamaican montane forests, after a hurricane.» *Journal of Ecology* 82: 747-758
- Boose, E. R.; Foster, D. R. y Fluet, M. (1994). «Hurricane impacts to tropical and temperate forest landscapes.» *Ecological Mono-graphs* 64: 369-400
- Boucher, D. H. (1989). « When the hurricane hit the rainforest.» *Biology Digest* 16 (4): 11-18
- Brokaw, N. V. L. y Walker, L. R. (1991). Summary of the effects of Caribbean hurricanes on vegetation.» *Biotropica* 23: 442-447.
- Cortés Domínguez, G. & Fonseca López, R. (1988). *El Ojo Maldito*. Editorial Nueva Nicaragua, Managua.
- Dittus, W. P. J. (1985). «The influence of cyclones on the dry evergreen forest of Sri Lanka.» *Biotropica* 17; 1-14.
- Elmqvist, T.; Rainey, W. E.; Pierson, E. D. & Cox, P. A. (1994). «Effects of tropical cyclones Ofa and Val on the structure of a Samoan lowland rain forest. *Biotropica* 26: 384-391
- Foster, D.R. & E.R. Boose. (1995). «Hurricane disturbance regimes in temperate and tropical forest ecosystems». pp. 305-339. En Coutts, M. P. & Grace, J., eds. *Wind and Trees*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lugo, A. E. (1995). «Reconstructing hurricane passages over forests: a tool for understanding multiple-scale responses to disturbance». *Trends in Ecology and Evolution* 10: 98-100.
- Lugo, A.E.; Applefield, M.; Pool, D.J. & McDonald, R.B. (1983). The impact of Hurricane David on the forests of Dominica. *Canadian Journal of Forest Research* 13: 201-211.
- Mallona, M.A. (1992). *Impact of Hurricane Joan on sapling survival, growth and recruitment in the southeast coast of Nicaragua*. M.Sc. Thesis, School of Natural Resources, University of Michigan.
- Vandermeer, J.; Zamora, N.; Yih, K. & Boucher, D. (1990). «Regeneración inicial en una selva tropical de la costa caribeña de Nicaragua después de los efectos destructivos del huracán Juana.» *Revista de Biología Tropical* 38: 347-359.
- Vandermeer, J. H.; Mayona, M. A.; Boucher, D. H.; Yih, K. & Perfecto, I. (1995) «Three years of ingrowth following catastrophic hurricane damage on the Caribbean coast of Nicaragua: evidence in support of the direct regeneration hypothesis». *Journal of Tropical Ecology* 11: 465-472.
- Walker, L. R. (1994). «Timing of post-hurricane tree mortality in Puerto Rico.» *Journal of Tropical Ecology* 11: 315-320.
- Whigham, D.F.; Olmstead, I.; Cano, E.C. & Harmon, M.E. (1991). «The impact of Hurricane Gilbert on trees, letterfall and woody debris in a dry tropical forest in the northeastern Yucatan Peninsula.» *Biotropica* 23: 434-441.
- Yih, K.; Boucher, D.H.; Vandermeer, J. H. & Zamora, N. (1991). «Recovery of the rain forest of southeastern Nicaragua after destruction by Hurricane Joan. *Biotropica* 23: 106-113.
- Zimmerman, J. K.; Everham III, E. M.; Waide, R. B.; Lodge, D. J.; Taylor, C. M. & Brokaw, N. V. L. (1994). Responses of tree species to hurricane winds in subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories. *Journal of Ecology* 82: 911-922.

