

DEFORESTACION E INCREMENTO DE LAS INUNDACIONES DEL ALTO AMAZONAS

Alwyn Gentry y José López Parodi (*)

Resumen: La altura del nivel máximo de inundación anual del Amazonas en Iquitos se ha incrementado marcadamente en la última década. Durante este mismo período ha aumentado notablemente la deforestación en las partes altas de la vertiente amazónica del Perú y Ecuador pero no ha habido cambios significativos en los patrones regionales de precipitación. El cambio del balance hídrico de la Amazonía durante la última década parece ser el resultado del incremento de escorrentía debido a la deforestación. Si esto es cierto, los cambios climáticos e hidrológicos predichos a largo plazo, que serían el resultado esperado de la deforestación de la Amazonía, podrían estar iniciándose.

El Amazonas es el río más grande del mundo (1,2). Uno de los aspectos más saltantes del balance hídrico de la Amazonía es la fluctuación estacional marcada en el nivel del agua del alto Amazonas y sus afluentes principales en armonía con la precipitación diferencial de la estación lluviosa y seca de la región. La diferencia anual entre niveles altos y bajos de agua puede llegar a los 20 m. y la vida en la cuenca amazónica está íntimamente ligada al predecible ciclo anual de inundaciones (2).

Aunque la Amazonía es de lejos la mayor área de bosque tropical del mundo, está siendo sometida a la misma rápida vorágine de deforestación que el resto de los bosques tropicales existentes (3,4). Quizás tanto como un quinto o un cuarto del bosque amazónico ha sido ya rozado (3,4) y el ritmo de la destrucción del bosque está acelerándose. Hasta hace pocos años, la mayor parte de la deforestación se había

concentrado en el bajo Amazonas, especialmente en la región de Belém. Sin embargo, la apertura de nuevas vías atravesando los Andes, especialmente durante la última década, ha conducido al poblamiento de vastas áreas de la alta amazonía boliviana, peruana, ecuatoriana y colombiana. Durante la última década, la población de la Amazonía peruana se ha duplicado (3,5) y la de la Amazonía ecuatoriana se ha más que duplicado de 1962 a 1974 (3,6). Este rápido incremento poblacional ha estado acompañado de la deforestación a gran escala a lo largo de la base de los Andes; 51,000 km² de bosque amazónico peruano han sido destruidos mayormente en la última década (3,5). El valle del Huallaga, abierto por la construcción de la Carretera Marginal, en la actualidad está casi totalmente deforestado. De manera similar, extensas áreas del Alto Marañón han sido deforestadas, principalmente luego de la construcción del nuevo oleoducto y carretera de acceso. El valle del Apurímac era mayormente bosque virgen en 1968 pero ha sido virtualmente rozado. El mismo patrón prevalece en Ecuador donde una franja en expansión de terreno recientemente rozado y poblado en la base de las estribaciones andinas, puede verse en el mapa sobre el bosque que aún le queda al país, mapa que fuera elaborado por la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (8).

La deforestación extensiva ha estado ligada a importantes cambios climatológicos e hidrológicos (9). En Venezuela, por ejemplo, la deforestación de las vertientes del sur de la cordillera costera y de la estribación andina del

extremo nororiental ha conducido a la pérdida de la capacidad de retención de agua y escorrentía más rápida. Las quebradas que drenaban esta región y originalmente corrían constantemente a través de los llanos, actualmente se secan durante la estación seca (10). Con referencia a la Amazonía, Saletti y sus colaboradores (11) han demostrado que cerca de la mitad de la precipitación de toda la cuenca amazónica proviene de agua recibida por transpiración y Sioli (12) ha enfatizado que el volumen de escorrentía que sale de la Amazonía por la boca del Amazonas o entra a ella vía los vientos alisios representa sólo una fracción del volumen de agua continuamente reciclada por transpiración y lluvia en la cuenca. Se esperaría que la deforestación extensiva reduciría grandemente la cantidad de agua transpirada disponible para lluvia y podría eventualmente convertir una gran parte de la actualmente forestada Amazonía en casi un desierto (12,13).

Potencialmente el río en sí podría proveer una indicación de los cambios en los patrones y cantidad de escorrentía y drenaje asociados con la deforestación de la cuenca amazónica, dado que se ha demostrado que ésta origina el aumento de escorrentía (14). El hecho que se estén dando cambios importantes en el balance hídrico amazónico es sugerido por los comentarios de muchos pobladores ribereños de la Amazonía peruana, en el sentido que los niveles máximos de inundación de los años recientes han sido más altos que nunca antes. Etapas inusualmente prolongadas de inundaciones también han ocurrido, durante los últimos años en la Amazonía brasilera (15).

¿La deforestación en la alta Amazonía del Ecuador y Perú ha traído consigo cambios significativos en el balance hídrico de la Amazonía? Para probar esta hipótesis nosotros analizamos los registros sobre el nivel del agua del Amazonas en Iquitos; éstos, que han

(*) A. Gentry trabaja para el Jardín Botánico de Missouri y J. López Parodi es director del Proyecto de Asentamiento Rural Integral Jenaro Herrera, Loreto. El presente artículo apareció en la Revista "Science", Vol. 210, Diciembre 1980, pp. 1354-1356. Ha sido traducido por Lucy Trapnell.

sido llevados desde 1962 por el Instituto Hidrográfico de la Amazonía Peruana, muestran un pronunciado y estadísticamente significativo incremento de la altura del nivel máximo de inundación anual del Amazonas en Iquitos durante la última década (Cuadro 1 y Gráfico 1). Antes de 1970 el nivel máximo de inundación anual nunca había alcanzado una profundidad de 26 m.; después de 1970 nunca ha sido menor de 26 m. La altura de la marca anual de la creciente mínima de las aguas ha permanecido virtualmente la misma durante este tiempo. Claramente, la esorrentía de agua de la alta Amazonía se ha incrementado durante la última década.

El hecho que este período cubre aquel durante el cual se ha dado la deforestación extensiva de la alta Amazonía sugiere una relación causal. Sin embargo, el período para el cual existen registros podría ser demasiado corto como para excluir la posibilidad alternativa de variaciones cíclicas normales de largo plazo en precipitación y esorrentía (16).

Cuadro No. 1
Niveles anuales alto y bajo del Amazonas en Iquitos, 1962-1978; N.S., no significativos

Año*	Alto (m)	Bajo (m)
1962	25.82	18.24
1963	25.25	16.50
1964	24.29	20.26
1965	24.05	20.97**
1966	24.89	19.43
1967	25.35	19.31
1968	25.23	20.85
1969	25.06	19.54
1970	27.13	20.49
1971	27.36	21.91
1972	26.65	22.51
1973	27.13	18.81
1974	27.49	19.42
1975	27.08	19.10
1976	27.51	18.80
1977	27.54	18.80
1978	26.21	17.57
\bar{X} (1962-1969)	25.0 ± 0.6	19.4 ± 1.4
\bar{X} (1970-1978)	27.1 ± 0.4	19.7 ± 1.6
$t = 3.4274$		N.S.
$P << .001$		

* Datos de 1962 a 1972 fueron extractados de ONERN (19). Datos de 1972 a 1978 fueron extractados de registros originales de C. Díaz y H. de Díaz. ** Año que comenzó con un pico incluso más bajo del prolongado bajo nivel del agua del año anterior.

Cuadro No. 2
Precipitación anual en la cuenca del Alto Amazonas en Perú. Información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (17); N.S., no significativo

Localidad	Registros (años)	Promedio acumulativo	\bar{X} (media proporcional)		t	d.f.	P
			1961-69	1970-78			
Tingo María	16	3122.8	2785.1	3460.5	3.0561	14	<.01
Iquitos	26	2904.9	2745.1	3097.3	1.8537	13	N.S.
Yurimaguas	28	2136.0	2031.0	2177.1	1.2929	15	N.S.
Pucallpa	22	1658.7	1360.8	1858.2	2.4870	15	<.05
El Porvenir (Tarapoto)	14	1074.9	1060.6	1085.8	3521	12	N.S.
Chachapoyas	9	825.0	734.2	938.5	4.9829	7	<.01
Jaén	12	829.4	692.2	927.3	2.1569	10	N.S.
Huánuco	11	454.6	393.4	505.7	1.4973	9	N.S.

Para comprobar esta posibilidad alternativa hemos tratado de correlacionar información disponible sobre cantidad de lluvia en la vertiente de la alta Amazonía con información sobre las alturas de los niveles máximos anuales en el nivel del río. La comparación directa de la precipitación anual previa y posterior a 1970 aporta resultados no convincentes (cuadro 2). A pesar que la precipitación promedio anual en todas las estaciones reportadas es ligeramente mayor para el período de 1970 a 1978 que para el de 1961 a 1969, esta diferencia es significativa para sólo 3 de las 8 estaciones analizadas (17). El análisis de los datos sobre precipitación y nivel de los ríos durante años específicos mina incluso este débil indicio de una relación causal. De los pocos años que muestran suficiente sincronización entre las diversas estaciones meteorológicas como para sugerir esquemas regionales significativos en precipitación, 1965 (es decir, 7 de 8 estaciones con precipitación lluviosa

notablemente menor que el promedio, ninguna por encima de éste) y 1966 (6 de 8 estaciones notablemente menor que el promedio, una por encima de éste) están muy obviamente correlacionadas con tendencias paralelas en el nivel de los ríos. De todo el período del registro de 17 años, la marca más baja en la creciente máxima se dio en 1965 y la tercera más baja en 1966.

En contraste, después de 1970, años secos durante el período de máximo nivel del río en creciente muestran relativamente pequeños decrecimientos en los niveles anuales de la creciente máxima. Incluso en 1978, generalmente considerado como año de sequía en la mayor parte del Perú, el nivel de la creciente máxima, a pesar que era el más bajo en casi una década, excedía el de cualquier año previo a 1970. La marca de la creciente mínima en 1978 fue la segunda más baja de todo el período del cual se tienen registros. Desafortunadamente, hasta el momento sólo se puede obtener información completa sobre precipitación durante el año 1978 en 2 estaciones meteorológicas. De éstas, los 1285.5 mm. de lluvia en Pucallpa en 1978 son el tercer total anual más bajo en los 22 años de los cuales se puede obtener información completa, mientras Yurimaguas reportó una precipitación ligeramente por encima del promedio. Información sobre los primeros dos o tres meses de 1978 puede ser obtenida de otras 3 estaciones y tiende a corroborar la idea popular que 1978 fue un año de sequía. Tarapoto tuvo el mes de febrero más seco de su registro meteorológico en 15 años y el segundo enero y febrero más secos registrados. San Ramón tuvo el mes de febrero más seco en sus registros de 7 años; Jaén informó

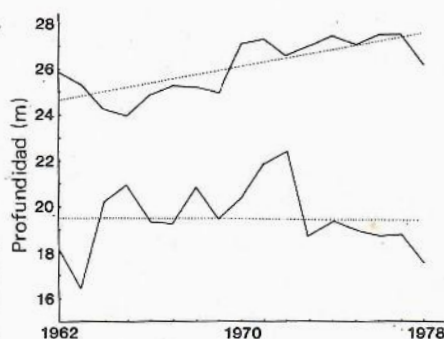


Gráfico 1. Profundidad de la marca anual del agua alta y baja del Amazonas en Iquitos, de 1972 a 1978. Líneas punteadas indican las regresiones calculadas. La información proviene del Cuadro 1.

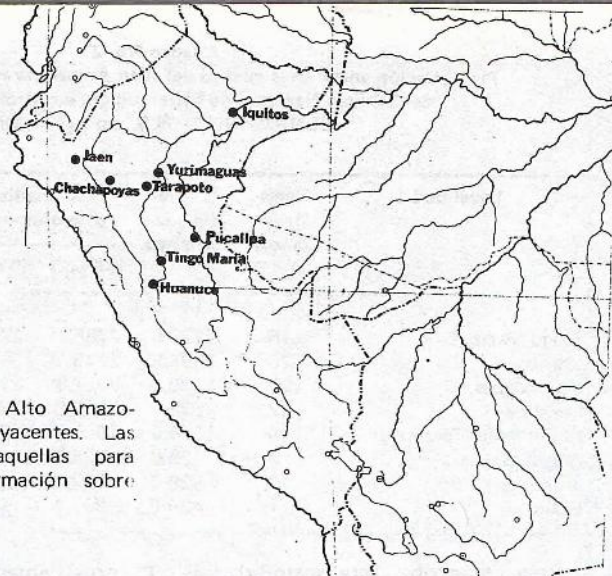


Gráfico 2. Drenaje del Alto Amazonas en Perú y países adyacentes. Las ciudades indicadas son aquellas para las cuales se analizó información sobre precipitación.

174,1 mm. como total de tres meses, el tercer trimestre más seco en sus registros de 14 años. El hecho que un año tan seco como 1978 muestre una marca de la creciente máxima en exceso de aquella producida en años mucho más húmedos anteriores a 1970 sugiere que la reciente tendencia general de incremento de los niveles de creciente máxima es mayormente independiente de la precipitación y por lo tanto más probablemente relacionado con cambios en el drenaje y escorrentía asociada con la deforestación.

Por lo tanto, los cambios irreversibles en el nivel del agua amazónica predichos por Sioli(12) parecen ya haber empezado. El incremento de la población en la alta Amazonía, donde la existencia de suelos más ricos disminuye las limitaciones agrícolas impuestas en gran parte de la Amazonía central y baja, podría traer consigo un incremento de la inundación anual y daños económicos y ecológicos en esta última región situada a miles de kilómetros de distancia. Dado que la mayor parte de la población y agricultura de la Amazonía está concentrada a lo largo de la franja estacionalmente inundada, inmediatamente adyacente al río principal, la magnitud del daño es potencialmente grande.

Según predicciones habituales, los actuales índices de destrucción forestal traerán consigo la eliminación del bosque húmedo de la faz de la tierra no mucho después del inicio del próximo siglo (3,18). Sin embargo, la mayor parte del bosque húmedo amazónico permanece intacto en este momento. La rapidez con la cual la destrucción relativamente limitada del bosque pa-

rece haber ya alterado el balance hídrico amazónico sugiere la necesidad de un desarrollo planificado que considere este delicado equilibrio ecológico.

Referencias y Notas

1. R. Greswell y A. Huxley, Eds., *Standard Cyclopedia of the World's Rivers and Lakes* (Weidenfeld and Nicholson, London, 1964).
2. H. Sioli, en *River Ecology*, B. Whitton, Ed. (Blackwell, London, 1975), pp. 461-488.
3. *Conversion of Tropical Moist Forest* (National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1980, pp. 1-240).
4. A. Sommer *Unasylya* 28, 5 (1976); A. Gentry, en *Systematic Botany, Plant Utilization and Biosphere Conservation*, I. Hedberg, Ed. (Almqvist and Wiskell, Stockholm, 1979), pp. 110-130.
5. M. Dourojeanni, *Rev. For. Perú* 6, 41 (1976); typescript, 1979, citado en (3).
6. J. Kirby, *Pac. Viewpoint* 17, 105 (1976); Anónimo, *Atlas Geográfico del Ecuador* [Instituto Geográfico Militar, Quito (sin datos)].
7. J. W. Terborgh, *Ecology* 52, 23 (1971) y T. R. Dudley, *Natl. Geogr. Soc. Res. Rep.* (National Geographic Society, Washington, D.C., 1976), pp. 255-264; K. Wehr, comunicación personal.
8. A. D. Putney, *Estrategia preliminar para conservación de áreas silvestres sobresalientes del Ecuador*, UNDP/FAO-ECU/71/527; A. Gentry, en *Extinction Is Forever*, G. Prance y T. Elias, Eds. (New York Botanical Garden, New York, 1977), pp. 136-149.
9. C. Sagan, O. Toon, J. Pollack, *Science* 206, 1363 (1979).

10. H. Lamprecht, en *Ecosystem Research in South America*, P. Muller, Ed. (Junk The Hague, 1977), pp. 1-16; L. S. Hamilton, J. Steyermark, J. P. Veillon, E. Mundolfi, *Conservación de los bosques húmedos de Venezuela* (Sierra Club - Consejo de Bienestar Rural, Caracas, 1976).

11. E. Saletí, J. Barques, L. C. Molion, *Interconciencia* 3, 200 (1978).

12. H. Sioli, en *Tropical Ecological Systems: Trends in Terrestrial and Aquatic Research*, F. B. Golley y E. Medina, Eds. (Springer-Verlag, New York, 1975), pp. 275-288; en *Landscape Ecology*, P. Muller y Rathjens, Eds. (Biogeographica No. 16, Kluwer Boston, Hingham, Mass., 1980), pp. 145-158.

13. R. J. Goodland y H. S. Irwin, *Amazon Jungle: Green Hell to Red Desert* (Elsevier, New York, 1975).

14. V. Kovda, en *Okologie und Lebensschutz in Internationaler Sicht: Ecology and Bioprotection, International Conclusions*, H. Sioli, Ed. (Rombach, Freiburg, 1973), pp. 63-89; H. Sioli, trabajo presentado en la Conferencia sobre el Desarrollo de la Amazonía en Siete Países, Universidad de Cambridge, Cambridge, Inglaterra, 1979. (Versión española en este trabajo en Saqueo Amazónico, A. Chirif, compilador, CETA, Iquitos, 1983).

15. H. Sioli, comunicación personal.

16. Las tendencias observadas del incremento de inundaciones pueden también ser explicadas como resultado de la progresiva sedimentación del Amazonas como lo sugirió P. le Cointe [*Bol. Mus. Para Emilio Goeldi* 10, 177 (1948)] y L. Soares [*Rev. Bras. Geogr.* 16, 397 (1954)], sugerencia refutada por H. O. Sternberg [thesis, Faculdade Nacional de Filosofia da Universidade do Brasil, Río de Janeiro (1956)]; H. Sternberg, comunicación personal.

17. Los datos sobre la precipitación para la Amazonía peruana son incompletos y ninguna estación registradora tiene información completa para todos los años cubiertos por los registros sobre el nivel del río. Sólo los años con datos completos fueron usados en la compilación y análisis de los totales para cada estación.

18. P. Raven, *Frontiers* 40, 22 (1976); P. Richards, *Sci. Am.* 229, 58 (1973).

19. Anónimo, *Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Naturales de la Selva, Zona Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos* (ONERN, Lima, 1976).

20. Agradecemos a G. Prance, P. Raven, H. Sioli y N. Myers por la crítica del manuscrito o por proporcionar información relevante, a C. Díaz y H. de Díaz por compilar parte de los datos del nivel del río de los registros sin procesar, y a ONERN por hacer disponible la información sobre precipitación pluvial. Respaldados por subvenciones de la National Science Foundation y de la National Geographic Society.