

Evaluación del efecto de dosis crecientes de nitrato sobre la actividad de la reductasa del nitrato; nitrógeno derivado del fertilizante en café^{*1/}

EDITH TALEISNIK**, ROLANDO PACHECO***

ABSTRACT

Deficient Coffea arabica L. plants were treated with CaNO_3 (11.4%¹⁵N) in doses ranging from 25 to 200 kg/ha of N. The effect of the treatments on the activity of nitrate reductase and on Nitrate Assimilation Potential was evaluated. Both parameters were equally sensitive to the nutritional status of the plants, but the use of the Nitrate Assimilation Potential is preferred as a diagnostic tool for it compensates for fluctuations in activity due to environmental factors. Nitrate Assimilation Potential values lower than 1.6 were evidenced by adequately nourished plants, while deficient ones presented values higher than 2.

In leaves, 25 per cent of the N was derived from the fertilizer when a dose of 100 kg/ha was supplied, and 40 per cent was derived from it when supplying 200 kg/ha. At 150 kg/ha of N, an incipient saturation of the nitrate absorbing system was evidenced, while the activity of the nitrate assimilation system became stable from the 100 kg/ha dose on.

Introducción

El análisis del contenido en minerales, en base seca, de una muestra foliar es uno de los métodos más corrientemente utilizados para evaluar el estado nutricional de una planta. Sin embargo, este método no discrimina entre la cantidad total de un elemento y su fracción metabólicamente activa.

En el caso del nitrógeno son bien conocidas las tendencias a las fluctuaciones estacionales en el contenido total de los compuestos de este elemento, así como su distribución desigual en los órganos del vegetal (7). Por lo tanto, el porcentaje de nitrógeno total o sus fracciones resultan de valor relativo para evaluar el estado nutricional de las plantas, o como guía de la fertilización.

El primer paso en la asimilación del nitrato (fuente principal de nitrógeno en muchos cultivos) por las plantas superiores es su reducción a nitrito. Esta reacción está catalizada por la nitrato reductasa y controla la asimilación de este elemento.

Se conoce que la síntesis *de novo* de esta enzima es inducible por el sustrato (NO_3^-) y que en la regulación de su actividad intervienen tanto factores endógenos como ambientales. Su nivel en un tejido varía según la edad fisiológica del mismo, su estado hídrico, la intensidad lumínica a que está expuesto, el flujo de nitrato que recibe, la presencia de molibdeno, etc. (6).

Bar-Akiva y colaboradores (1) sugirieron que la actividad de esta enzima podría proveer información acerca de la capacidad de asimilación de nitrógeno en hojas de cítricos. Encontraron que al asperjar o infiltrar una solución acuosa de nitrato en un tejido se induce la síntesis de la referida enzima. En estudios posteriores estos autores señalaron que el cociente aRN inducida RN inicial (aRNi/aRNb) (2,9) puede servir para evaluar el requerimiento de N en pastos y cítricos.

En trabajos efectuados en el laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas se indicó que en café y en algunas otras especies agrícolas, la actividad de esta

* Recibido para publicación 10 de octubre de 1979.

^{1/} Los autores desean expresar su agradecimiento al Ing. José Fco. Carvajal por su valiosa colaboración en la planificación inicial del trabajo y la revisión del manuscrito y al Ing. Víctor Quiroga por su ayuda en el análisis estadístico de los resultados.

** Escuela de Ciencias Biológicas Universidad Nacional, Heredia Costa Rica.

*** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica Ciudad Universitaria, San José, Costa Rica

enzima, así como el índice aRN_i/aRN_b guardaban efectivamente relación con el estado nutricional de las plantas (3, 11), y con la dosis de nitrógeno suministrada con el fertilizante.

El propósito del presente trabajo fue investigar la respuesta de la enzima a dosis crecientes de fertilización nitrogenada y establecer los valores del índice que distingan claramente entre estados de deficiencia y normales de nitrógeno en la planta de café.

Material y métodos

Material vegetal

El ensayo se llevó a cabo en invernadero utilizando plantas de café (*Coffea arabica* cv. 'Caturra') de dos años de edad, con síntomas visuales de deficiencia de nitrógeno.

Las plantas fueron sembradas en tiestos plásticos rellenos con 15 kg de suelo de Carrizal de Alajuela, seleccionado por su bajo contenido en N soluble inorgánico. El período de adaptación previo al ensayo fue de tres meses. Durante este lapso se les aplicó a las plantas una fertilización carente de N cuya composición se indica en el Cuadro 1.

Semanalmente se suministraron 20 ml/maceta de solución de micronutrientes, según Hoagland y Arnon (8). También fueron asperjados con un fungicida a base de Cu al comienzo del ensayo.

Fertilización nitrogenada:

Transcurrido un mes de la fertilización mencionada, las plantas se dispusieron en lotes de cuatro plantas cada uno, subdivididos en parcelas de dos plantas. En ese momento se les aplicaron los tratamientos que se consignan en el Cuadro 2.

Actividad de la Reductasa del Nitrato (aRN)

La actividad de la reductasa del nitrato (aRN) se determinó según la técnica de Dirr, Barker y Maynard

Cuadro 1.—Fertilización suministrada durante el período de adaptación.

Elemento	Fuente	Cantidad equivalente
P	$Ca(PO_4)_2$	500 kg/ha
K	K_2SO_4	300 kg/ha
Mg	$MgSO_4 \cdot H_2O$	70 kg/ha

Cuadro 2.—Fertilización nitrogenada.

Tratamiento	Dosis de N
I (testigo)	0 kg/ha
II	25 kg/ha
III	50 kg/ha
IV	100 kg/ha
V	150 kg/ha
VI	200 kg/ha

El N en forma de $Ca(NO_3)_2$ suministrado una única vez en las dosis indicadas. La solución de drenaje de cada maceta fue recogida y devuelta a la misma. El $Ca(NO_3)_2$ contenía un 11,4% de ^{15}N .

modificada, descrita por Villalobos y Carvajal (14, 15). En este trabajo, 500 mg de discos de hojas, de 2,5 mm de diámetro, provenientes del segundo y tercer par a partir del ápice de la rama, y preferentemente la mitad inferior de la planta, fueron incubados durante una hora en la oscuridad determinándose luego la cantidad de nitrito producido según el método sugerido por Snell y Snell (12).

Las determinaciones de actividad enzimática se efectuaron inmediatamente antes de la fertilización con nitrato, y luego de ésta, a intervalos de aproximadamente 15 días, por espacio de tres meses.

En cada ocasión se realizaron dos análisis por par de hojas:

— aRN inicial (aRN_b) en muestras provenientes de uno de los miembros del par.

— aRN inducida (aRN_i), al tomar la muestra para determinar aRN_b se asperjó la hoja opuesta con una solución 0,15 M de KNO_3 conteniendo Tween 20 al 0,1 por ciento. A las 24 hrs. las hojas fueron separadas de la planta y se lavaron intensivamente con agua destilada. Acto seguido se efectuó la determinación de actividad enzimática.

Potencial de Asimilación de Nitrato

Se considera como Potencial de Asimilación de Nitrato al cociente entre la actividad inducida e inicial de la RN: aRN_i/aRN_b .

Determinación del porcentaje de nitrógeno total

Finalizando el ensayo, las plantas provenientes de cada tratamiento se disectaron y se procedió a analizar separadamente la raíz, el tallo y la hoja, para determinar el por ciento de Nitrógeno total por el método de microkjeldal modificado (8).

Determinación del por ciento de ¹⁵N proveniente del fertilizante

El material vegetal seco se molió y una vez determinado el por ciento de N total se procesó por el método del hipobromito (4). Las muestras así preparadas se leyeron en un espectrógrafo de emisión NOI-5, según técnica convencional. El por ciento de nitrógeno proveniente del fertilizante se obtuvo según la fórmula:

$$\frac{\% \text{ } ^{15}\text{N en exceso en la muestra} \times 100}{\% \text{ } ^{15}\text{N en el fertilizante}}$$

Resultados y discusión

Evaluación de parámetros

Los Cuadros 3, 4 y 5 muestran los valores de actividad inicial de RN, de actividad inducida de RN y de Potencial de Asimilación de nitratos para cada uno de los tratamientos.

Al correlacionar los valores de cada uno de estos parámetros con los tratamientos nitrogenados se obtuvieron coeficientes de correlación altamente significativos para los parámetros Actividad Inicial y Potencial de Asimilación, no así para Actividad Inducida.

Esto concuerda con lo observado anteriormente acerca del comportamiento de estos parámetros (3). La actividad inducida de la nitrato reductasa tiende a alcanzar un nivel parejo en todos los casos, independientemente del nivel de la actividad inicial.

Cuadro 3—Actividad inicial de la Nitrato Reductasa^{a/} (aRNb).

Muestra Tratamiento nitrogenado (kg/ha)	Días a partir de la fertilización nitrogenada						
	-1	15	28	35	49	63	77
I: 0 kg/ha	153	185	211	278	82	129	77
II: 25 kg/ha	147	272	291	356	83	116	86
III: 50 kg/ha	168	297	363	421	220	186	105
IV:100 kg/ha	160	278	568	414	276	186	231
V:150 kg/ha	216	391	469	379	352	189	285
VI:200 kg/ha	179	311	489	428	307	230	346

a/ Los valores indican el promedio de la actividad determinado en el lote en cada oportunidad. La actividad está expresada en nm de NO₂/h por 500 mg de discos foliares. El R² de aRNb con respecto a los tratamientos es de 0.271556**

Cuadro 4—Actividad inducida de la Nitrato Reductasa^{a/} (aRNi)

Muestra Tratamiento nitrogenado (kg/ha)	Días a partir de la fertilización nitrogenada						
	0	16	29	36	50	64	78
I: 0 kg/ha N	483,3	621	384	488	288	352	266
II: 25 kg/ha N	436	640	383	434	280	237	224
III: 50 kg/ha N	366	485	470	476	408,5	240	311
IV:100 kg/ha N	404	565	383	476	369	304	277,5
V:150 kg/ha N	387	640	443	321	468	309	362
VI:200 kg/ha N	387	454	396	469	490	332	384

a/ Los valores indican el promedio de la actividad determinado en el lote en cada oportunidad. La actividad está expresada en nm de NO₂/h por 500 mg de discos foliares. El R² de aRNi a los tratamientos fue de 0.00819 (n.s.)

Los parámetros sensibles a los tratamientos nitrogenados fueron la actividad inicial de la reductasa del nitrato y el cociente entre la actividad inducida e inicial. Si bien ambos son igualmente sensibles, a los fines prácticos es preferible utilizar el cociente como herramienta, debido a que en él se ven compensadas las fluctuaciones de actividad atribuibles a factores ambientales, que afectan en alto grado a esta enzima (11).

El análisis de la varianza de los valores de Potencial de Asimilación en los distintos tratamientos durante el tiempo del ensayo indican que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos y que los valores varían significativamente en los sucesivos muestreos.

La prueba de Tukey realizada sobre las medias de los cocientes aRNi/aRNb provenientes de los diversos tratamientos indica que las respuestas al tratamiento testigo I y al tratamiento II difieren entre sí y también del resto de los tratamientos con un alto nivel de significación. Las respuestas a los tratamientos IV, V y VI no difieren significativamente entre sí. Es factible separar la respuesta al tratamiento III de las demás, en base a su inestabilidad. Como se aprecia (Cuadro 5), las respuestas a los tratamientos IV, V y VI tienden a permanecer más estables que las del tratamiento III, aunque éste difiera significativamente solo de los tratamientos I y II.

En las condiciones del ensayo, donde no afectó el factor lixiviación, una dosis mayor de fertilizante (trat. IV, V y VI) resultó en un aporte más estable del nutriente, y ello incidió en la estabilidad del cociente aRNi/aRNb, que tendió a permanecer por debajo de 1,63 luego de la fertilización.

Cuadro 5.—Potencial de asimilación de Nitrato^{a/}.

Muestra Tratamiento nitrogenado	Días a partir de la fertilización nitrogenada						
	0	15	28	36	50	64	78
I: 0 kg/ha	3,20	3,37	1,81	1,75	3,54	2,73	3,5
II: 25 kg/ha	3,00	2,37	1,35	1,20	3,39	2,05	2,6
III: 50 kg/ha	2,25	1,64	1,29	1,14	1,87	1,82	2,3
IV: 100 kg/ha	2,50	2,05	1,00**	1,15	1,34	1,63	1,3
V: 150 kg/ha	1,82	1,74	1,00**	1,00**	1,33	1,63	1,3
VI: 200 kg/ha	2,17	1,36	1,00**	1,13	1,63	1,43	1,4

a Los datos indican el valor del cociente aRNi/aRNb

** En los casos que el cociente fue inferior a la unidad, se aproximó a 1 00. El R² de aRNi/aRNb con respecto a los tratamientos fue de 0,345, altamente significativo).

Respuesta de las plantas a la fertilización nitrogenada en función del tiempo.

La Figura 1 muestra los porcentajes de $\frac{aRNi}{aRNb}$ con

respecto al testigo no fertilizado para cada uno de los tratamientos nitrogenados. La respuesta de este parámetro a la fertilización se manifiesta ya a los 15 días de aplicado el fertilizante. Se evidencia aquí también que las respuestas a los tratamientos IV, V y VI tienden a exhibir valores más estables que las de los tratamientos III y II.

Valores del cociente aRNi/aRNb que reflejan estados de insuficiencia.

A partir del tercer muestreo, los tratamientos IV, V y VI no presentaron valores de Potencial de Asimilación superiores a 1,80 (Cuadro 5). La mayoría de los valores son inferiores a 1,40. Estas magnitudes coinciden con lo observado anteriormente (13,14). Se puede considerar por lo tanto el valor de 1,80 como de transición entre estados carenciales y no carenciales. Aparentemente valores que se mantienen consistentemente alrededor de 1,2 son característicos de estados nutricionales adecuados con respecto a nitrógeno

Los resultados presentados en el Cuadro 6 indican que el contenido de nitrógeno total en tallos y raíces no está correlacionado con la dosis de este elemento suministrada.

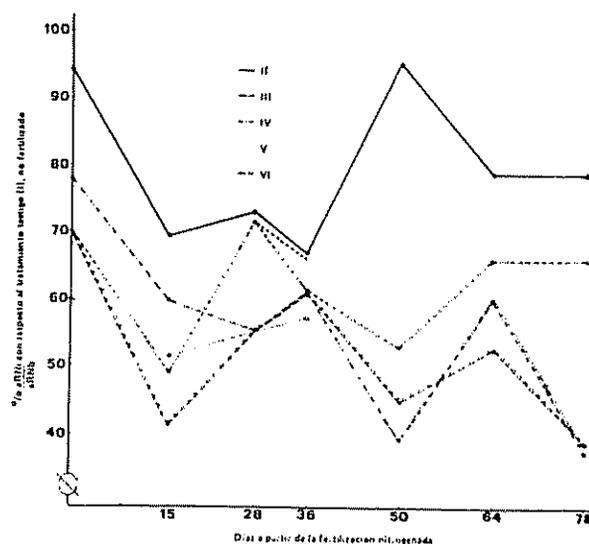


Fig. 1.—Porcentaje de aRNi/aRNb con respecto al testigo no fertilizado

Sólo se correlaciona con la dosis de fertilizante, el contenido de nitrógeno total foliar. Los niveles de nitrógeno total foliares correlacionaron en forma altamente significativa con la actividad inicial de la Reductasa del Nitrato analizada inmediatamente antes, y en forma significativa con el Potencial de Asimilación de Nitrato. Resultaría de interés verificar si esta correlación responde a una relación causal.

Efectividad de la dosis de fertilizante

El porcentaje de nitrógeno derivado del fertilizante en las raíces y tallos guarda estrecha correlación con la dosis suministrada. El comparar tratamientos sucesivos, los incrementos verificados en los porcentajes de N derivado del fertilizante corresponden aproximadamente a los incrementos en el suministro, salvo en el caso del tratamiento VI, donde los incrementos son de un 18 y 15 por ciento en raíces y tallos respectivamente, mientras que el aumento en la dosis fue de un 30 por ciento. Esto parecería indicar una saturación incipiente en la capacidad de absorción de NO_3^- por parte de las plantas a partir de la dosis de 150 kg/ha de N.

En las hojas, el tratamiento VI registra un aumento del 8 por ciento con respecto al tratamiento V en el porcentaje de N derivado del fertilizante. Es decir, que este incremento es menor en un 50 por ciento al observado en tallos y raíces.

Si se analiza en las hojas el porcentaje del N proveniente del fertilizante, se observa que en la dosis de 200 kg/ha (trat. VI) fue de un 40 por ciento. Tomando el cociente aRNi/aRNb como guía de la asimilación, se aprecia que el aprovechamiento en la dosis considerada óptima (100 kg/ha en este caso) es de un 25 por ciento. Un incremento en un 50 por ciento en esta dosis se ve reflejado exactamente en

Cuadro 6.—Por ciento de N total, ^{15}N y N derivado del fertilizante en raíz, tallo y hojas para los distintos tratamientos

Dosis kg/ha	Raíz			Tallo			Hojas		
	% N total	% ^{15}N	% N derivado del fertiliz.	% N total	% ^{15}N	% N derivado del fertiliz.	% N total	% ^{15}N	% N derivado del fertiliz.
I 0	1,36	—	—	0,56	—	—	1,48	—	—
II 25	1,03	0,67	6	0,53	0,62	5	1,46	0,65	6
III 50	1,41	1,26	11	0,60	1,25	11	1,61	1,92	17
IV 100	1,16	1,96	17	0,64	2,25	20	1,80	2,87	25
V 150	1,14	2,49	22	0,68	3,12	27	2,05	4,17	37
VI 200	1,04	2,97	26	0,83	3,58	31	2,30	4,39	40

El R^2 de aRNB (último muestreo) con respecto al % de N total foliar fue de 0.96301**.

El R^2 de aRNi/aRNB (último muestreo) con respecto al % de N total foliar fue de 0.64504**.

el por ciento de N derivado del fertilizante a nivel foliar.

Al duplicar la dosis de 100 kg/ha se observa un incremento de un 60 por ciento en el porcentaje de N derivado del fertilizante (tratamiento VI). Esto es un indicio de saturación incipiente del sistema de absorción de nitrato, que se manifiesta a una dosis más alta de fertilizante que la saturación del sistema de asimilación (aRNB) ya que a partir del tratamiento IV este parámetro (aRNB) no registra incrementos significativos.

De los resultados de este trabajo se deduce que efectivamente la planta de café tiene un límite en su capacidad de absorber y asimilar nitrógeno y que en las condiciones de este ensayo ese límite se sitúa alrededor de los 100 a 150 kg/ha de N suministrado con el fertilizante.

Los datos presentados permiten afirmar que los parámetros analizados (aRNB y Potencial de Asimilación de N) son efectivamente sensibles al estado nutricional por N de las plantas de café y que podrían constituirse en una herramienta eficaz para su evaluación, si se verifica su concordancia con datos de producción. Asimismo, si bien las condiciones del ensayo, una dosis de 100 kg/ha resultó óptima con respecto a la actividad del sistema asimilador de nitrato a nivel foliar, la decisión definitiva en cuanto a dosis adecuada de fertilización deberá ser corroborada con datos de producción.

Resumen

Plantas de café (*Coffea arabica* L.) de dos años de edad, deficientes en N fueron tratadas con CaNO_3 (11,4 por ciento ^{15}N) en dosis de 25, 50, 100, 150

y 200 kg/ha de N en un ensayo de invernadero. Se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la actividad de la reductasa del nitrato y sobre el Potencial de Asimilación de Nitrato (cociente entre actividad inducida e inicial de dicha enzima). Ambos parámetros resultaron sensibles al estado nutricional de las plantas, prefiriéndose el uso del Potencial de Asimilación como herramienta auxiliar de diagnóstico y como guía de la fertilización pues en él se hallan compensadas fluctuaciones de actividad atribuibles a factores ambientales.

Los valores del cociente que reflejaron estados adecuados de nutrición nitrogenada fueron inferiores a 1,6. Las plantas con deficiencias de N presentaron valores de Potencial de Asimilación superiores a 2.

Suministrando ^{15}N con el fertilizante se observó que el por ciento de N proveniente del fertilizante en las hojas fue de un 25 por ciento en el tratamiento de 100 kg/ha, alcanzando un máximo de 40 por ciento en el de 200 kg/ha. La saturación incipiente del sistema de absorción de nitrato se manifestó en el tratamiento de 150 kg/ha de N, mientras que a partir de la dosis de 100 kg/ha no se registraron incrementos significativos en la actividad del sistema asimilador de N a nivel foliar.

Literatura citada

1. BAR AKIVA, A. y STERNBAUM, J. Possible use of nitrate reductase activity of leaves as a measure of the nitrogen requirement of citrus leaves. *Plant and Cell Physiology* 6: 575-577. 1965.
2. BAR AKIVA, A., SAGIV, J. y LESHEM, J. Nitrate reductase activity as an indicator for assessing the nitrogen requirement of grass crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 21: 405-407. 1970.

- 3 BREALEY, O. y CARVAJAL, J.F. La actividad de la reductasa del nitrato como guía de la fertilización nitrogenada del café. IV Simposio Latinoamericano de Fisiología Vegetal Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú Programa y Resúmenes 1971 pp. 44-45
- 4 BREMNER, J.M. *In* Methods of soil analysis (C.A. Black, ed.) Part. 2, pp 1149-1178 American Society of Agronomy 1965
- 5 DIRR, M.A., BARKER, A.V. y MAYNARD, D.N. Nitrate reductase activity in the leaves of the highbush blueberry and other plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 27: 329-331 1972
- 6 HEWITT, E.J., HUCKLESBY, D.P. y NOTTON, B.A. Nitrate metabolism *In* Bonner, J. and J.E. Varner, *Plant Biochemistry*, 3rd Edition, New York, Academic Press. 1976
- 7 HEWITT, E.J. y SMITH, T.A.P. *Plant mineral nutrition* London, English Universities, Press, 1975 298 p
- 8 HOAGLAND, D.R. y ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil *University of California Agr. Exp Sta Circ* 347, 1950. (cit por Carvajal, J.F. "Manual de Laboratorio para Fundamentos de Fisiol. Vegetal". Publicaciones de la UCR, Serie Textos N° 92, 1972)
- 9 MÜLLER, I. Un aparato Microkjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materiales vegetales *Turrialba* 11(1): 25-29 1961.
- 10 SHAKED, A., BAR AKIVA, A. y MENDEL, K. L'activité de la nitrate-réductase: une indication de l'état nutritionnel et des besoins en azote d'agrumes en vergers *Fruits* 30(2): 125-128, 1975.
- 11 SHAKED, A., BAR- AKIVA, A. y MENDEL, K. Effect of water stress and high temperature on nitrate reduction in citrus leaves. *Journal of Horticultural Science* 47: 183-190 1972.
- 12 SNELL, F.D. y SNELL, C.T. *Colorimetric methods of analysis* New York Van Nostrand, 1949 v 2, 943 p
- 13 TALEISNIK, E., BRICEÑO, J.A. y CARVAJAL, J.F. Variación estacional de la reductasa del nitrato en el café, *In* III Congreso Agronómico Nacional. San José, Costa Rica Resúmenes, Vol 1, 1978.
- 14 VILLALOBOS, E. y CARVAJAL, J.F. La actividad de la reductasa del nitrato como guía de la fertilización nitrogenada de cinco especies agrícolas. *Agronomía Costarricense* 1(1): 57-63 1977.
- 15 VILLALOBOS, E. y CARVAJAL, J.F. Un método para analizar la actividad de la reductasa del nitrato en condiciones de campo *Agronomía Costarricense* 2(1): 69-81, 1978.

Notas y Comentarios

Cambios en la conservación de la Amazonia

Un viraje casi completo de la política del Brasil de "abrir" la parte que le corresponde la selva amazónica de 5 millones de kilómetros cuadrados está urgiéndose por un comité nombrado por el gobierno. El informe del comité recomienda que no se otorgue más tierra boscosa a compañías comerciales, y que unos 1,6 millones de kilómetros cuadrados deben ser designados como parques nacionales y reservas ecológicas y 800 mil kilómetros cuadrados como bosques nacionales (*The Economist*, December 8th p 58)

Aunque poderosos intereses se opondrán a este cambio drástico de política, lo probable es que tenga un fuerte apoyo del presidente Figueiredo. Cuando asumió el poder en marzo, no perdió tiempo en nombrar el comité de política forestal, y desde entonces ha creado tres nuevos parques nacionales en la región del Amazonas. Los intentos ambiciosos de los anteriores gobiernos brasileños de abrir los bosques concluyeron en fracasos espectaculares, principalmente por la creencia errada de que el suelo era prodigiosamente fértil. Los científicos que han estudiado los bosques tropicales podrían haberles advertido sobre esto, pero aparentemente no fueron consultados.

Los tributarios del Amazonas han resultado ser formados de agua casi tan pura como la destilada, lo que mostraba que el suelo de la región apenas contiene nutrientes para las plantas. La vegetación exuberante es producida por un sistema de cerrado de reciclaje, en el que los nutrientes de la vegetación que se descomponen se reabsorben por las raíces de los árboles sin crear capa arable fértil profunda. Hasta la mitad de la lluvia es suministrada por la humedad de la misma floresta tropical.

Por eso no han prosperado ni los ranchos ganaderos ni las pequeñas fincas. Entre 1966 y 1976, la agencia oficial de desarrollo amazónico, Sudam, (Superintendencia do Desenvolvimento da Amazônia) aprobó la formación (principalmente por hombres de negocios de São Paulo) de 354 ranchos con una superficie promedio de 20 mil hectáreas. Muchos de ellos encontraron que los pastos africanos que plantaron en los terrenos libres de árboles crecieron pobremente después de los primeros años, y que se enfrentaban con grandes gastos en fertilizantes y en insumos contra la lixiviación y las malezas venenosas.

La misma Sudam se ha alarmado por el impacto dañino del proceso que iniciara. Desde 1976, ha aprobado sólo cuatro nuevos proyectos ganaderos. En 1976, también el gobierno abandonó el programa de colonización que intentaba asentar un millón de familias a lo largo de la carretera amazónica de 5000 kilómetros, construida en 1970. Solamente unas 6000 familias se han mudado a la región como colonizadores oficiales. Sin embargo, cientos de miles de extraoficiales han invadido todo lo largo de la nueva carretera, ocupando selvas vírgenes de propiedad de terratenientes ausentistas. Sólo unos pocos de los conflictos consecuentes han aparecido en los periódicos, pero cientos de "posseiros" han muerto resistiendo el desalojo y muchos miles han tenido que fugarse del lugar.

Se estima que una décima parte del bosque amazónico del Brasil ha sido ya cortado, y que la destrucción continúa en una tasa de 20.000 kilómetros cuadrados al año. La sequía sin precedentes de 1979 en Manaus fue probablemente el primer signo de cambio climático causado por la destrucción de bosques cerca de esa ciudad. La destrucción de la mayor parte de la zona remanente de bosques tropicales más grande del mundo no sólo transformaría el clima local sino que también afectaría el de todo el planeta, al producirse una inyección masiva de dióxido de carbono en la atmósfera. Se ha calculado que, después de considerar que la mitad de este dióxido de carbono sea absorbido por los océanos, el total mundial aumentaría por lo menos en 8 por ciento. Esto sería en adición al 16 por ciento causado en el siglo pasado por la destrucción de bosques y la quema de carbón y petróleo.