

## ABSORCION Y BALANCE DEL FERTILIZANTE-N EN CAÑA PLANTA, SOBRE SUELO FERRALITICO ROJO COMPACTADO, UTILIZANDO $^{15}\text{N}$

R. RIVERA Y EOLIA TRETO

### RESUMEN

Con el objetivo de estudiar la absorción y el balance del fertilizante-N en la caña de azúcar sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado, fue plantada la variedad C. 187-68 en noviembre de 1981. En diciembre de 1981 se seleccionaron 5 zonas de 0,50 m de longitud en el sentido del surco y otras 3 de 1 m de longitud, conformando estas últimas la zona de aplicación de 3 listímetros in situ. En todas las zonas se realizó una aplicación de  $^{15}\text{N}$ , con un exceso de 3,16 at. %  $^{15}\text{N}$ , en dosis de 120 kg N/ha. Se evaluó el coeficiente de aprovechamiento del fertilizante N a los 8 meses y en cosecha, el movimiento del N en las aguas de lavado y el  $^{15}\text{N}$  que permaneció en el suelo en el momento de la cosecha. El coeficiente de aprovechamiento fue del 33 % del fertilizante aplicado, detectándose el 52 % del  $^{15}\text{N}$  absorbido en las plantas contiguas, en el sentido del surco, a las zonas de aplicación. El N-fertilizante en lo fundamental fue absorbido en los primeros 8 meses. Se estimó en un 35 % el N-fertilizante que permanece en el suelo en el momento de la cosecha, tomando el primer retoño el 1 % del fertilizante marcado aplicado. Las pérdidas por lavado se estimaron en un 4-10 % en un año de altas precipitaciones.

### INTRODUCCION

El fertilizante-N se encuentra sometido a diferentes procesos (absorción por la planta, inmovilización biológica y posterior liberación, lavado, etcétera), que unido a la influencia que ejercen sobre ellos diversos factores como la humedad y temperatura del suelo, la intensidad y distribución de las precipitaciones la relación C/N del suelo, se hace difícil pronosticar o establecer qué debe pasar con el fertilizante aplicado.

Esta problemática por su importancia ha sido y es estudiada por numerosos investigadores como Takahashi (1964, 1967 a, b) Ruschel y Vose (1982), Valdivia (1982), Maltsev (1985), sobre todo a partir del uso del  $^{15}\text{N}$ , para obtener una información más confiable y exacta acerca del balance del fertilizante-N.

Por todos los aspectos anteriores y teniendo en cuenta la importancia de la caña de azúcar para la economía de nuestro país, es que se inician estos trabajos con el objetivo de evaluar cómo se distribuye y aprovecha el fertilizante-N y estudiar qué pasa con el resto del fertilizante aplicado.

## MATERIALES Y METODOS

En noviembre de 1981 fue plantada la variedad C. 187-68, en áreas de la Estación Experimental de Bauta, sobre suelo Ferralítico Rojo compactado (Instituto de Suelos, 1975), cuyas principales características aparecen en la Tabla I.

Tabla I. Características agroquímicas del área experimental (0 - 20 cm).

pH- H <sub>2</sub> O	pH- KCl	N %	P* ppm	K**	Ca meq/100 g	Mg
6,0	5,1	0,18	51	0,2	9,0	1,9

\*P: método Oniani

\*\* Cationes: extracción NH<sub>4</sub>Ac 1N, pH 7

Un mes después se seleccionaron 5 zonas de una longitud de 50 cm en diferentes surcos, así como 3 zonas de 1 m de longitud, coincidentes estas últimas con las unidades lisimétricas que fueron explicadas en un trabajo anterior (Rivera y Eolia Treto, 1984).

El N se aplicó en diciembre de 1981, en dosis de 120 kg N/ha en forma de urea y en las zonas seleccionadas se adicionó como solución, con un exceso de 3,16 at. % <sup>15</sup>N, en todos los casos a ambos lados del surco, a 5 cm de profundidad, tapándose posteriormente.

El P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y el K<sub>2</sub>O se aplicaron al surco en el momento de la plantación, en dosis de 80 y 120 kg/ha respectivamente.

En febrero de 1983 se realizó la cosecha de caña planta; con posterioridad se hizo la aplicación de fertilizante correspondiente al primer retoño en dosis de 120, 80 y 120 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente.

### Evaluaciones y determinaciones

Zonas de 1 m (lisímetros). En estas zonas se evaluó sistemáticamente la paja seca producida. En febrero de 1983 se extrajeron los plántones de las zonas de aplicación y las inmediatamente contiguas en el surco, separándose el material vegetal en tallo, tallo en crecimiento, hojas y paja. En febrero de 1984 se efectuó, de forma similar, en la cosecha del primer retoño.

Zonas de 50 cm. En junio de 1982 (8 meses) fueron completamente removidas las cañas que se encontraban en dos de estas zonas (zonas 1 y 2), extrayéndose además los plántones contiguos a ambos lados en el surco, subdividiéndose en hojas, paja, tallo en crecimiento, tallo, tocón y raíces.

En cosecha se procedió de igual forma con las plantas correspondientes a las tres zonas restantes. En ambas fechas, cuando se extrajeron las raíces, se tomaron muestras de suelo.

En todos los casos se determinó el % N total por digestión Kjeldahl y destilación en corriente de vapor. El % <sup>15</sup>N fue determinado en un equipo ISONITROMAT 5201.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### a) % $^{15}\text{N}$ exceso y mg $^{15}\text{N}$ exceso-Muestreo 8 meses

Con respecto a la distribución del %  $^{15}\text{N}$  en los diferentes órganos (Tabla II), se deben diferenciar dos tipos de plantones, aquellos situados dentro de la zona de aplicación, que en principio deben tener una nutrición más estable en  $^{15}\text{N}$  y los contiguos.

Los primeros presentan mayor similitud entre los contenidos de %  $^{15}\text{N}$  en los diferentes órganos, aunque con una tendencia a presentar los mayores valores en las hojas y los menores en la paja; los segundos presentan mayor variación entre los contenidos en los órganos, marcándose con más fuerza la diferencia entre el %  $^{15}\text{N}$  en las hojas y la paja. En todos los casos, las mayores cantidades de  $^{15}\text{N}$  se encuentran en las hojas que en este período se acumulan, además, las mayores cantidades de N (Tabla III).

Los contenidos de  $^{15}\text{N}$  en los plantones contiguos, si bien son menores a los situados en la zona de aplicación, son de una magnitud importante e indican la absorción del fertilizante-N por dichos plantones, en relación inversa con la distancia a la zona de aplicación (Figura 1). El 52 % del  $^{15}\text{N}$  tomado por las plantas fue absorbido por estos plantones, pudiendo ser una consecuencia del movimiento del fertilizante en el suelo, o del desarrollo radical y posiblemente esté relacionado con ambos factores.

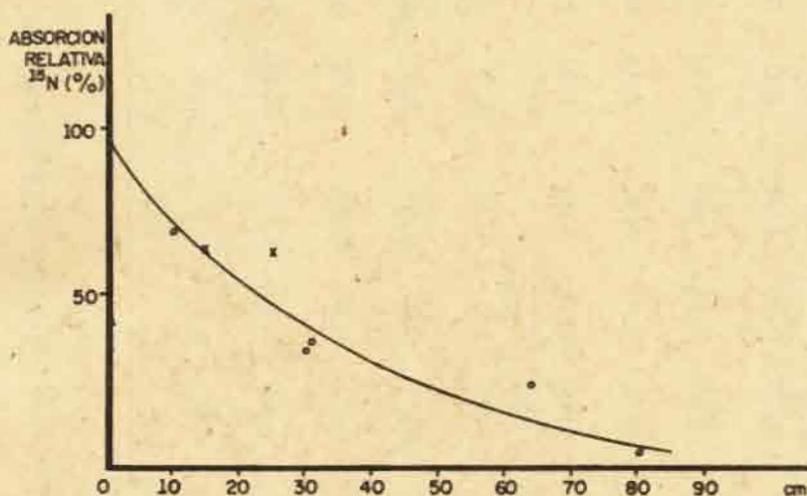


Figura 1. Absorción relativa  $^{15}\text{N}$  (%) en las zonas contiguas en función de la distancia a la zona de aplicación. (8 meses).

### b) Contenido y extracción del N y $^{15}\text{N}$ por la paja

El contenido de nitrógeno total (%) en la paja se mantiene relativamente estable en el tiempo (Figura 2); sin embargo, se encontró una significativa disminución del %  $^{15}\text{N}$  exceso con la edad de la plantación.

Estos resultados indican que en las plantas disminuye la participación del N-fertilizante en el N que es absorbido, asimismo se obtuvo que un 43 % del N-fertilizante absorbido por las plantas se encuentra en la paja, mientras que con respecto al N-total absorbido, solo el 30 % del mismo se encuentra en dicho órgano (Tabla IV), lo cual a su vez es indicativo de la absorción temprana del N-fertilizante por la planta. Resultados similares fueron encontrados por Takahashi (1964 y 1967 a).

Tabla II.  $\% \text{ }^{15}\text{N}$  exceso y  $\text{mg }^{15}\text{N}$  exceso en órganos de los plántones en las zonas de aplicación y las contiguas a los 8 meses de edad (junio 1982).

Zona de aplicación	Distancia a la zona de aplicación (cm)*	Hojas		Pajas		Tallo crecimiento		Tallo		Tocón		Raíces**		Total $\text{mg }^{15}\text{N exc.}$
		$\% \text{ }^{15}\text{N exc.}$	$\text{mg }^{15}\text{N exc.}$	$\% \text{ }^{15}\text{N exc.}$	$\text{mg }^{15}\text{N exc.}$	$\text{mg }^{15}\text{N exc.}$	$\% \text{ }^{15}\text{N exc.}$	$\text{mg }^{15}\text{N exc.}$	$\% \text{ }^{15}\text{N exc.}$	$\text{mg }^{15}\text{N exc.}$	$\% \text{ }^{15}\text{N exc.}$	$\text{mg }^{15}\text{N exc.}$	$\% \text{ }^{15}\text{N exc.}$	
Zona de aplicación 1		1,00	46	0,86	2,7	0,78	3,7	0,97	10,2	1,00	7,3	0,85	0,21	70,11
Plántón 1 contiguo a la derecha	20	0,36	18,8	0,19	0,78	0,24	2,0	0,23	1,16	0,35	4,4	0,35	0,31	21,45
Plántón 2 contiguo a la derecha	62	0,35	17,3	0,04	0,14	0,05	0,32	0,04	0,37					18,13
Plántón 1 contiguo a la izquierda	15	0,54	27,2	0,43	1,71	0,56	2,15	0,54	3,31	0,18	3,5	0,24	0,09	38,46
Plántón 2 contiguo a la izquierda	29	0,36	16,6	0,09	0,10	0,26	1,74	0,29	4,3					22,84
Zona de aplicación 2		1,56	74,0	1,27	3,0	1,39	15,4	1,28	10,2	1,44	14,4	1,27	0,65	176,99***
Plántón 1 contiguo a la derecha	26	0,63	26,5	0,25	0,7	0,57	5,6	1,32	3,45	1,07	27,6	0,69	0,29	64,9
Plántón 2 contiguo a la derecha	68	0,11	1,40	0,07	0,08	0,04	0,06	0,22	0,29					1,83
Plántón 1 contiguo a la izquierda	15	1,13	43,2	0,41	1,19	0,90	6,13	1,02	6,4	0,87	4,8	0,89	0,30	61,99
Plántón 2 contiguo a la izquierda	81	0,04	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,03	0,39					3,69
														235,5***

\* Distancia del centro del plántón, con respecto a la zona de aplicación.

\*\* Sólo contempla raíces debajo del tocón.

\*\*\*  $\text{Mg }^{15}\text{N}$  exceso absorbido por los plántones de cada zona.

Tabla III. Materia seca total, mg N y distribución porcentual del N en los diferentes órganos en dos momentos de muestreo.

Materia seca		Hojas		Paja		Tallo en crecimiento		Tallo		Tocón y raíces		Total N	
Total	g	%	mg N	%	mg N	%	mg N	%	mg N	%	mg N	%	mg N
11/6/88	673	14,9	4803	60,4	338	4,2	749	9,4	759	9,5	1299	16,3	7447
8 meses *													51,2
2/83 cosecha **	4520	28,1	2984	28,1	4602	31,6	650	7,3	4781	45,9	1303	12,2	14545

\* Los valores de este muestreo son promedio de 10 plantones.

\*\* Los valores de este muestreo son promedio de 27 plantones.

Tabla IV. Nitrogeno y  $^{15}\text{N}$  en paja y total (mg y %).

	Paja		Total		Paja		Total	
	mg N	mg-N Total	mg N	mg-N Total	mg $^{15}\text{N}$	mg $^{15}\text{N}$ Total	mg $^{15}\text{N}$	mg $^{15}\text{N}$ Total
Lisímetro 1	8660	27,4	31616	31,6	71,9	158,5	45,3	
Lisímetro 2	9867	27,5	35810	31,6	70,6	157,2	44,9	
Lisímetro 3	10452	33,3	31366	33,3	58,3	143,1	40,7	
		29,4					43,6	

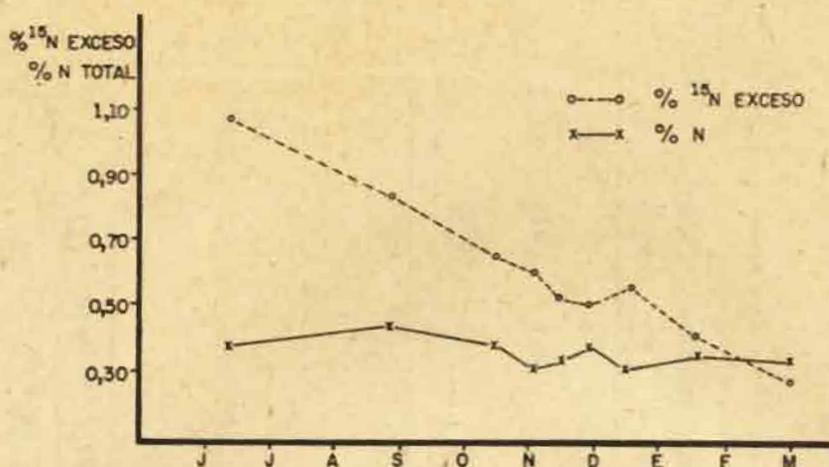


Figura 2. % <sup>15</sup>N exceso y % N total en la paja en las diferentes fechas de recolección. (Valores medios de los tres lisímetros).

c) % <sup>15</sup>N exceso y mg <sup>15</sup>N exceso en cosecha. Coeficiente de aprovechamiento

En el muestreo realizado en cosecha (Tabla V) se destacan los siguientes aspectos:

1. Se evidencia la absorción de <sup>15</sup>N por las plantas contiguas, disminuyen do esta con la distancia a la zona de aplicación.
2. Los % <sup>15</sup>N exceso son menores que los correspondientes al primer muestreo.
3. Si bien, de forma general, son ligeramente superiores los % <sup>15</sup>N exceso en la hoja con relación al tallo, es en este último órgano donde se acumulan las mayores cantidades de <sup>15</sup>N.
4. Se encontraron coeficientes de aprovechamiento del fertilizante N similares y del orden del 33 %.

Del análisis conjunto de las Tablas III y V se concluye que si bien la caña en los primeros 8 meses absorbió una parte importante del N (55 %), con solo el 15 % de la materia seca producida, en el resto del ciclo hasta la cosecha (8 meses), se mantuvo la absorción de una cantidad significativa de N (45 %).

Sin embargo, la absorción del N-fertilizante no sigue exactamente este patrón. En los primeros meses las plantas absorben el N-fertilizante con mayor intensidad, lo cual se comprueba en los % <sup>15</sup>N superiores, obtenidos en el primer muestreo, en la disminución del % <sup>15</sup>N en la paja con la edad de la planta, así como que los coeficientes de aprovechamiento del N-fertilizante a los 8 meses no fueron menores a los encontrados en cosecha. Los datos sugieren que después de los 8 meses, la absorción del fertilizante nitrogenado deben ser mínima.

Los coeficientes de aprovechamiento obtenidos del fertilizante-N, son similares a los encontrados por otros autores en caña planta y en otros cultivos (Takahashi, 1964, 1967 a, b; Myers, 1983) utilizando <sup>15</sup>N, con el cual no se sobreestima la extracción del fertilizante N.

En este caso, el aprovechamiento estimado por el método de las diferencias fue de 60 %, siendo importante señalar que estos coeficientes se obtuvieron en condiciones de respuesta de la caña planta a la fertilización N (Eolia Treto y Margarita García, 1983).

Tabla V. %  $^{15}\text{N}$  exceso y mg  $^{15}\text{N}$  exceso en órganos de los plantones en las zonas de aplicación (0,5 m) y contiguas. Cosecha (febrero 1983).

Zona de aplicación	Hojas		Paja en planta		Tallo en crec.		Tallo		Tocón		Paja caída		Total		% fertilizante absorbido
	mg $^{15}\text{N}$ exc.														
Zona de aplicación 3	0,37	10,4	0,22	0,21	0,43	1,94	0,26	12,2	0,46	1,11	21,4	48,26			
Zona contigua	0,24	12,7	0,14	2,34	0,19	2,68	0,19	12,56			24,19	55,45			
Zona de aplicación 4	0,22	7,0	0,32	1,49	0,31	1,96	0,21	8,09			17,2	35,78		28,6	
Zona contigua	0,16	18,1	0,15	3,65	0,16	4,07	0,14	18,68			34,0	78,5			
Zona de aplicación 5	0,34	11,1	0,22	3,34	0,32	3,13	0,27	30,5	0,30	1,98	41,9	93,22		32	
Zona contigua	0,13	5,8	0,18	1,75	0,16	1,26	0,20	19,0			22,5	50,26			
												143,48		39,6	

Tabla VI.  $^{15}\text{N}$  en el suelo. Cosecha (febrero 1983).

Profundidad cm	0 - 40 cm*		40 - 80 cm*		Suelo más cercano a la cepa % $^{15}\text{N}$ exceso
	% $^{15}\text{N}$ exceso	mg $^{15}\text{N}$ exceso	% $^{15}\text{N}$ exceso	mg $^{15}\text{N}$ exceso	
Zona de aplicación 3					
0 - 30	0,05	114	0,01**	-	0,06
30 - 60	0,00	-	0,01**	-	
Zona de aplicación 5					
0 - 30	0,05	160	0,00	-	0,06
30 - 60	0,00	-	0,00	-	

\* Distancia perpendicular al surco.

\*\* Valor dentro del error de medición.

Tabla VII. Residualidad del  $^{15}\text{N}$  aplicado. Cosecha primer retoño (febrero 1984).

Lisímetro	Zona de aplicación		Zona contigua		$^{15}\text{N}$ recobrado	
	mg $^{15}\text{N}$ exceso	mg $^{15}\text{N}$ exceso	mg $^{15}\text{N}$ exceso	mg $^{15}\text{N}$ exceso	(% aplicado)	(% aplicado)
Lisímetro 1	8,37		0,74		1,25	
Lisímetro 2	5,94		0,32		0,86	
Lisímetro 3	5,87		2,12		1,10	

Tabla VIII. Balance del fertilizante  $^{15}\text{N}$  en caña planta (% del aplicado).

Planta	Suelo	Lavado	Detectado	No detectado
33	35	4-10	72-81	19-28

#### d) N-fertilizante en el suelo

Se encontró  $^{15}\text{N}$  fundamentalmente en las zonas cercanas a la aplicación, de 0 - 40 cm de distancia perpendicular al surco y en los primeros 30 cm de profundidad (Tabla VI); en otras zonas más alejadas, en algunos casos, se detectó  $^{15}\text{N}$  que está dentro del rango de error del equipo de medición.

Los valores encontrados permiten estimar en un 35 % el nitrógeno del fertilizante que permanece en el suelo, en la zona de aplicación, al finalizar la cosecha.

La residualidad de este  $^{15}\text{N}$  fue bastante baja. El recobrado del  $^{15}\text{N}$  aplicado en la plantación, por el primer retoño (Tabla VII), fue del orden del 1 % y aunque puede estar influido en alguna medida por la variedad, este denota un bajo aprovechamiento del fertilizante que permanece en el suelo, coincidiendo con los resultados encontrados por Takahashi (1964, 1967 a) y Maltsev (1985).

En la Tabla VIII aparecen los resultados de un estimado del balance del fertilizante-N aplicado, para una cosecha de 105 t/ha.

La caña planta absorbe un 33 % del fertilizante-N aplicado (46 kg), de los cuales 11,9 kg N se exportan por la cosecha y el resto se incorpora como residuos.

Las pérdidas por lavado de un 4 - 10 % del fertilizante aplicado (Rivera y Eolia Treto, 1984) se consideran muy relacionadas con las altas precipitaciones (919 mm) del período mayo - julio 1982, en el cual se recolectó el 99 % del fertilizante-N lavado. El 99,9 % de este se encontró en forma de  $\text{NO}_3^-$ .

El estimado del fertilizante-N no detectado osciló entre 19 - 20 %, lo cual puede estar relacionado tanto con el hecho de que no hubo una restricción lateral a las zonas de aplicación, que evitara el posible movimiento del fertilizante, como con las posibles pérdidas gaseosas del N.

## REFERENCIAS

- INSTITUTO DE SUELOS. Segunda Clasificación Genética de los suelos de Cuba. *Academia de Ciencias de Cuba. Serie Suelos* (23), 1975.
- MALTSEV, M. Utilization of Marked Nitrogen from Various Forms Fertilizer by Wheat Using Surface and Localized Methods of their Application. *Agrojimia* 6 :3-11, 1985.
- MYERS, M. The Effect of Plant Residues on Plant Uptake and Fertilizer Nitrogen in a Tropical Red Earth Soil. *Fertilizer Research* 4 :249-260, 1983.
- RIVERA, R. Y EOLIA TRETO. Estudio de las aguas lisimétricas de un suelo Ferralítico Rojo compactado cultivado con caña de azúcar. *Cultivos Tropicales* 6 (4) :861-880, 1984.
- RUSCHEL, A. P. AND P. E. VOSE. Nitrogen Cycling in Sugarcane. *Plant and Soil* 67 (1-3) :139-146, 1982.
- TAKAHASHI, D.  $^{15}\text{N}$ -Nitrogen Field studies with Sugarcane. *Hawaiian Planter's Record* 56 (2) :198-222, 1964.
- TAKAHASHI, D. Fate of Applied Fertilizer Nitrogen as Determined by the Use of  $^{15}\text{N}$ . I. Summer and Fall Plant and Ratoon Crops on the Kamakua Coast of Hawaii. *Hawaiian Planter's Record* 57 (3) :227-266, 1967 (a).
- TAKAHASHI, D. Effect of Amount and Timing on the Fate of the Fertilizer Nitrogen in Lysimeter Studies with  $^{15}\text{N}$ . *Hawaiian Planter's Record* 57 (4) 292-309, 1967 (b).
- TRETO, EOLIA Y MARGARITA GARCIA. Resultados preliminares sobre la dinámica de la nutrición nitrogenada en la caña de azúcar C. 187-68 cultivada en un suelo Ferralítico Rojo compactado. IV Seminario Científico INCA. Habana, 1983. Resúmenes. p. 23.
- VALDIVIA, S. Nitrogen Gains and Losses in Sugarcane (*Saccharum* sp.) Agroecosystems on the Coast of Peru. *Plant and Soil* 67 (1-3) :147-156, 1982.

## ABSTRACT

### *N*-FERTILIZER ABSORPTION AND BALANCE IN PLANT CANE, ON A COMPACTED RED FERRALITIC SOIL BY MEANS OF $^{15}\text{N}$

*N*-fertilizer absorption and balance was studied in sugarcane crop, on a compacted Red Ferralitic soil. Thus, C. 187-68 cv. was planted in November 1981 for this purpose. In December, 5 zones 0,50 m long towards the row and 3 zones 1 m long were selected to make up a zone for applying 3 lysimeters in situ.  $^{15}\text{N}$  was applied to all zones, with an enrichment of 3,16 % at the rate of 120 kg N/ha. The availability coefficient of N fertilizer was evaluated at 8 months and N motion into washing water as well as  $^{15}\text{N}$  staying in the soil at harvesting time. The availability coefficient was 33 % of the fertilizer applied, detecting 52 %  $^{15}\text{N}$  absorbed by adjacent plants to application zones, towards the row. Fertilizer N was mostly absorbed within the first 8 months. About 35 % of N fertilizer remained in the soil at harvesting time, the first ratoon taking up 1 % from the labelled fertilizer applied. Washing losses were approximately from 4 to 10 % in a heavy rainfall year.

Manuscrito recibido el 7/X/88.