

Fig. 23.- EXPTO 4. DINAMICA DEL N-FERT. (% Nddf) EN EL $\text{NH}_4^+\text{-N}$ Y $\text{NO}_3^-\text{-N}$ PARA CADA FECHA DE APLICACION EN LA ZONA DE FERTILIZACION (20-30cm del eje de la planta) A DIFERENTES PROFUNDIDADES;
 —●— 0-30 cm, - - -○- - - 30-60 cm, - · - · - · x 60-90 cm.

4.4.1.3 Dinámica del N-fertilizante en las diferentes formas del N-orgánico del suelo.

-La cantidad de N-fertilizante que permaneció en las formas minerales disminuyó rápidamente (Fig. 21 y 23) y aunque las condiciones de trabajo en microparcels, con un cultivo perenne y la propia metódica de muestreo utilizada, no permitieron una evaluación cuantitativa en cada momento de donde se encontraba el N-fertilizante, los datos de las figuras (24, 25 y 26), al menos permiten valorar cualitativamente la inmovilización y distribución del N-fertilizante.

Con la aplicación de ^{15}N -marzo 1985 (Fig. 24), se encontró en el primer muestreo (15 días) N-fertilizante en las diferentes fracciones del N-orgánico del suelo, fundamentalmente en las formas más fácilmente hidrolizables.

La inmovilización del N-fertilizante ocurrió inicialmente con mayor intensidad en las formas más activas, cuyos máximos de inmovilización fueron obtenidos primeramente (50-53 días) que los de las formas menos activas (70-90 días).

Después de los 90 días ocurrió una brusca disminución del ^{15}N en las formas más fácilmente hidrolizables, encontrándose a partir de entonces el grueso del N-inmovilizado en las formas más difícilmente hidrolizables y al final del experimento un alto porcentaje en la forma no hidrolizable.

La inmovilización-mineralización del N-fertilizante, resultante de la acción de los microorganismos (Roswall, 1982; van Veen, 1984) es un tema actual de estudio, y ya desde los trabajos iniciales de Tyler y Broadbent (1958) y Stewart y col. (1963), se llegó a la conclusión de que no se distribuía homogéneamente en las diferentes fracciones del N-orgánico o de la materia orgánica del suelo.

Korenkov y Rudelev (1984), Power y Legg (1984), Filipas (1985) y Shabaev y col. (1985) obtuvieron que el N-fertilizante al ser inmovilizado, se encuentra inicialmente en un alto porcentaje en las fracciones más fácilmente hidrolizables, evolucionando con posterioridad, también a través de la acción de los microorganismos a formas menos accesibles, a expensas de disminuir su contenido en las fracciones más activas.

A su vez, los datos reflejan la existencia de inmovilización en toda la profundidad del suelo estudiado (Fig. 25 y 26), lo cual a la vez que una consecuencia del movimiento del fertilizante-N, sugiere la existencia de una actividad microbiológica importante en la profundidad del suelo.

Con posterioridad en esta misma plantación, se ha detectado una considerable actividad

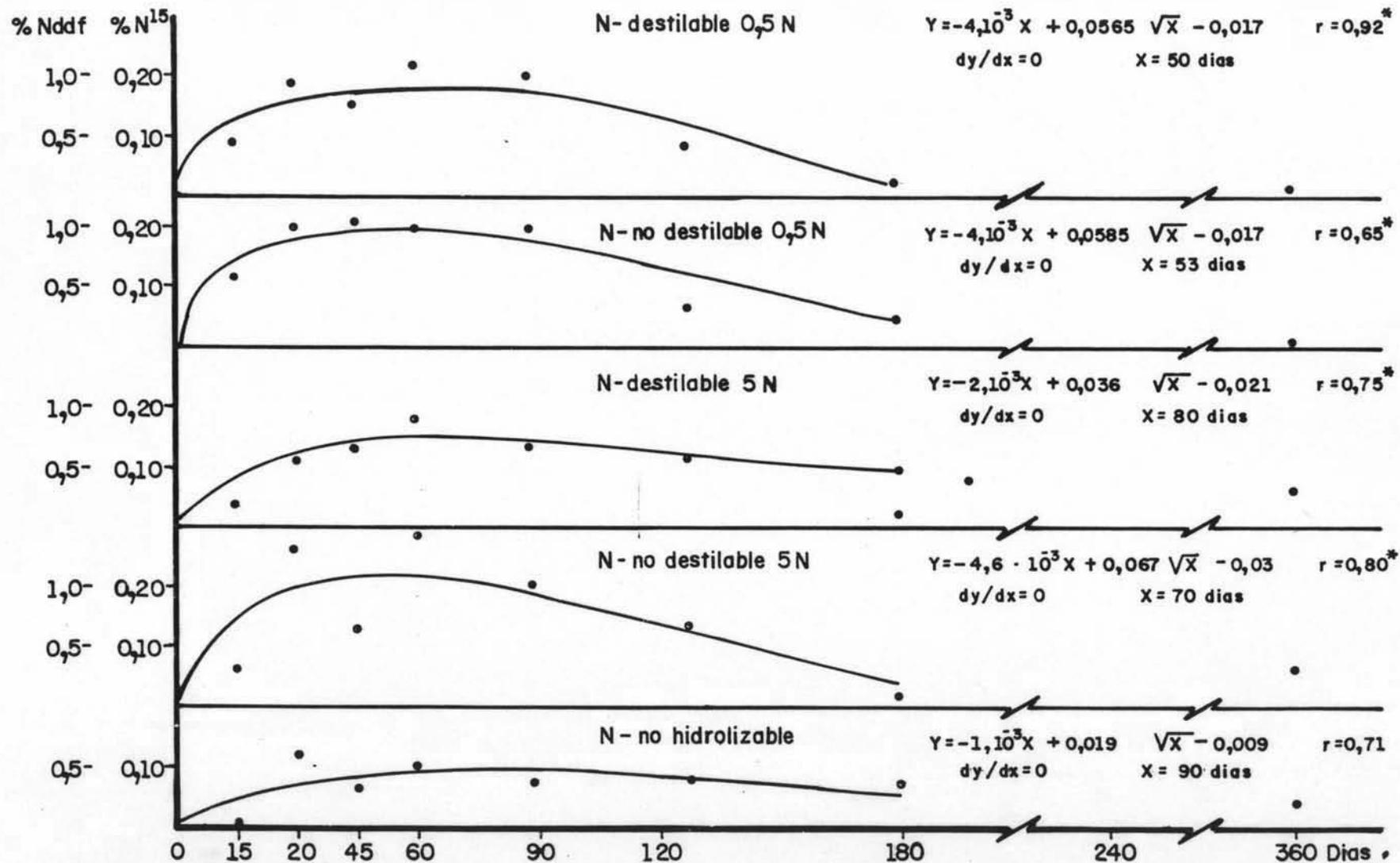


Fig. 24 - EXPTO 4. DINAMICA DEL FERTILIZANTE (N) EN LAS DIFERENTES FRACCIONES DEL NITROGENO ORGANICO DEL SUELO. APLICACION 23-3-85. ZONA DE MUESTREO: 20-30 cm DE DISTANCIA A LA PLANTA Y 0-30cm DE PROFUNDIDAD

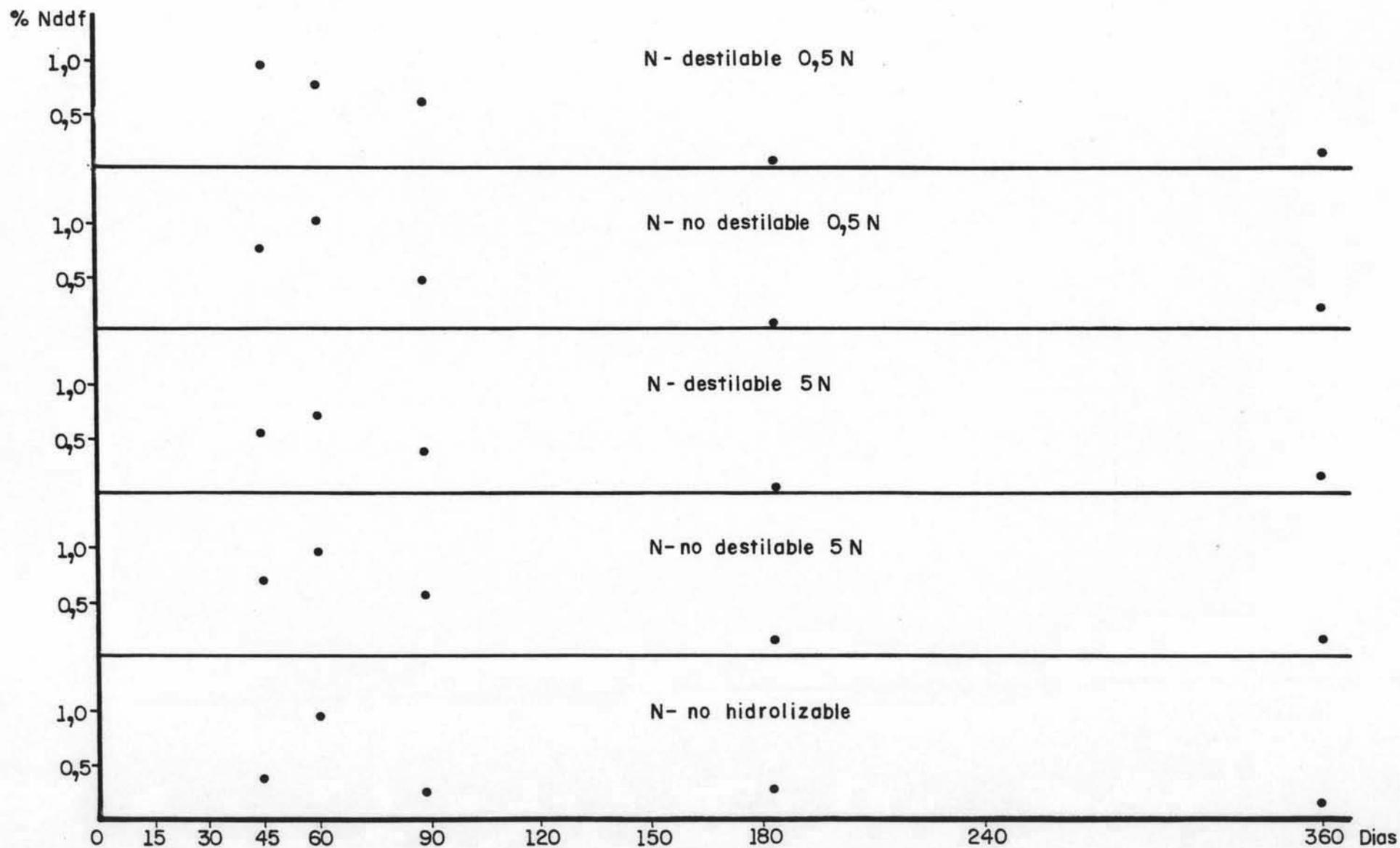


Fig. 25 : EXPTO 4. DINAMICA DEL N-FERTILIZANTE (N) EN LAS DIFERENTES FRACCIONES DEL N ORGANICO DEL SUELO. APLICACION 23-3-85; ZONA DE MUESTREO:20-30cm; DISTANCIA A LA PLANTA: 30-60 cm DE PROFUNDIDAD

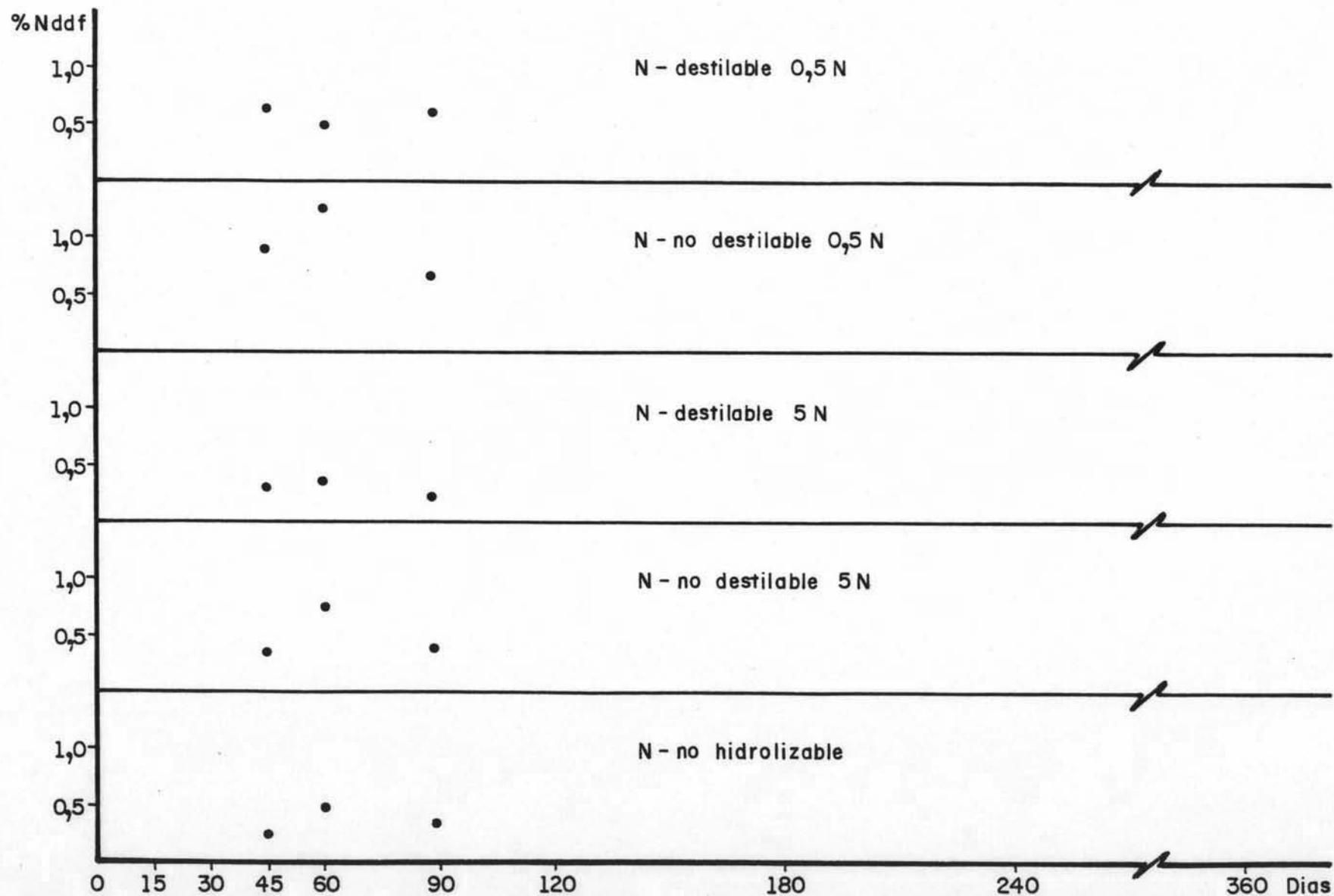


Fig. 26 : EXPTO 4. DINAMICA DEL N-FERTILIZANTE (N^{15}) EN LAS DIFERENTES FRACCIONES DEL N ORGANICO DEL SUELO. APLICACION 23-3-85; ZONA DE MUESTREO: 20-30cm; DISTANCIA A LA PLANTA; 60-90cm DE PROFUNDIDAD

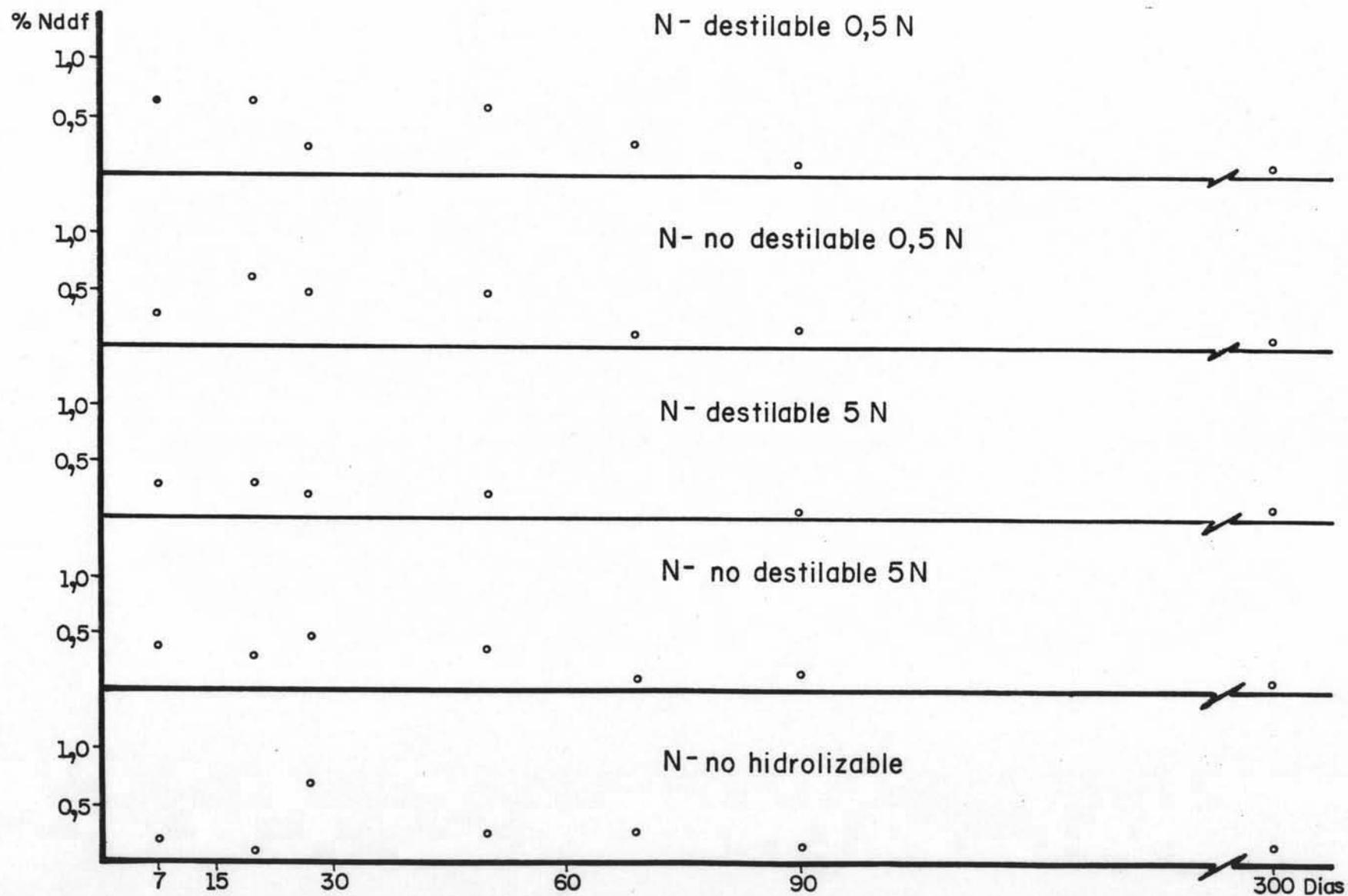


Fig. 27 : EXPTO 4. DINAMICA DEL N-FERTILIZANTE (N) EN LAS DIFERENTES FRACCIONES DEL NITROGENO ORGANICO DEL SUELO. APLICACION 27-6-85. ZONA DE MUESTREO 20-30cm DE DISTANCIA A LA PLANTA Y 0-30 cm DE PROFUNDIDAD

microbiológica hasta los 90 cm. de profundidad, lo cual confirma estos resultados (Anexo 2) y que está en concordancia con los resultados de Cassman y Munns(1982), Aviva Hadas y col.(1986a,b). Todo lo anterior indica la necesidad de considerar no solo los primeros 30 cm., para el estudio de los diferentes procesos del ciclo del N en estos suelos. La Fig. 27, correspondiente a la aplicación de junio 1985 presentó una situación similar en cuanto a la evolución del ^{15}N en las formas de N-orgánico del suelo, aunque el máximo de inmovilización se obtuvo entre los 15-30 días debiendo estar relacionado con las condiciones más propicias para la actividad microbiológica que se presentaron en esta época.

Estos resultados están en correspondencia con los obtenidos por Broadbent y Tyler (1962), Stewart y col.(1963), los cuales encontraron que la inmovilización es un proceso rápido. Ng Kee Kwong y col. (1986) en condiciones de invernadero, obtuvieron el máximo de inmovilización a los 2 meses de la aplicación, trabajando con suelos tropicales de 1,9 % M.O. y 0,12 % N.

En ambas aplicaciones (Fig.24-27), la inmovilización continua de forma ascendente cuando el $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ ya había desaparecido y el N-fertilizante en forma mineral se encontraba como $^{15}\text{NO}_3\text{-N}$.

Esta situación sugiere que el $^{15}\text{NO}_3\text{-N}$ fue también inmovilizado, siendo posiblemente responsable de un alto porcentaje del ^{15}N inmovilizado, sobre todo en las profundidades por debajo de 30 cm. y durante la aplicación de junio. Al respecto, Korenkov y Rudelev (1984) plantearon que el $\text{NH}_4^+\text{-N}$ se inmoviliza con más facilidad que los $\text{NO}_3^-\text{-N}$; aunque es inmovilizado en una alta extensión cuando es la étnica forma de N-disponible. (Broadbent y Tyler, 1962).

4.4.1.4 N-fertilizante en el suelo y su residualidad.

- En las tablas (31 y 32) se presentan los %N y % Nddf respectivamente, que se encontraron en marzo 1986 en las diferentes zonas en que se subdividió el volumen de suelo de las microparcels (cajuelas), para cada fecha de aplicación de $^{15}\text{-N}$, encontrándose una alta reproducibilidad de los % N, los cuales disminuyen típicamente con la profundidad.(Black 1968)

El N-fertilizante como porcentaje del aplicado que se encontró en el suelo en marzo 1986, osciló entre el 20-27% (tabla 33), estando las mayores cantidades en la zona de

Tabla 31. Expto 4.- %N del suelo en diferentes microparcelas (C). Marzo /86

Profun- didad cm	Dist. de la planta cm	C ₁	C ₂	C ₃ *	C ₄	C ₅ **	C ₆	C ₇ ***	X
00-30	00-30	0,190	0,189	0,170	0,172	0,154	0,169	0,175	0,179
	30-60	0,183	0,178	0,164	0,210	0,169	0,181	0,169	0,179
	60-90	0,169	0,181	0,173	0,190	0,186	0,158	0,167	0,175
30-60	0-30	0,116	0,136	0,127	0,130	0,120	0,104	0,114	0,119
	30-60	0,118	0,127	0,103	0,118	0,136	0,104	0,119	0,115
	60-90	0,110	0,125	0,117	0,129	0,116	0,090	0,104	0,111
60-90	0-30	0,111	0,101	0,080	0,080	0,080	0,066	0,076	0,085
	30-60	0,090	0,080	0,070	0,127	0,070	0,065	0,077	0,080
	60-90	0,080	0,060	0,070	0,090	0,090	0,065	0,071	0,075

* Corresponden a las cajuelas de la aplicación ¹⁵N marzo.

** Corresponden a las cajuelas de la aplicación ¹⁵N junio.

*** Corresponden a las cajuelas de la aplicación ¹⁵N noviembre.

Tabla 32. Expto 4.- %Nddf en el N del suelo en marzo/86 para cada aplicación.

Profun- didad cm	Dist. de la planta cm	N ¹⁵ marzo/85		N ¹⁵ junio/85		N ¹⁵ nov./85	
		C ₁	C ₂	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
00-30	00-30	0,25	0,20	0,20	0,20	0,26	0,13
	30-60	0,15	0,20	0,13	0,20	0,20	0,20
	60-90	0,10	0,05	0,06	0,06	0,26	0,13
30-60	00-30	0,10	0,10	0,13	0,06	0,06	0,13
	30-60	0,10	0,00	-	-	0,13	0,13
	60-90	0,05	0,05	0,06	0,13	0,13	0,00
00-30	00-30	0,05	0,10	0,06	0,06	0,06	0,13
	30-60	0,05	0,15	0,13	0,06	0,06	0,13
	60-90	0,05	0,10	0,13	0,20	0,06	0,06

Tabla 33. Expto 4.- N-fertilizante detectado en el suelo en marzo/86 (% aplicado) y residualidad del mismo.

	N ¹⁵ marzo/85	N ¹⁵ junio/85	N ¹⁵ nov./85
N.F.* detectado suelo (% aplicado)	20%	25%	27%
Residualidad N.F. (% aplicado)	0,73%	0,90%	2,92%
Residualidad N.F. (% N.F. suelo)**	3,65%	3,80%	10,8%

N.F.* Nitrogeno del fertilizante.

** Se calculo en base al ¹⁵N que se encontró en el suelo en marzo/86.

fertilización, aunque presentándose una distribución en todo el volumen de suelo, hasta 90 cm. (tabla 32). Los mayores porcentajes se obtuvieron en la medida que la aplicación fue más reciente.

Estos valores se encuentran dentro del rango planteado por Korenkov y Rudelev (1984) para este proceso, coincidiendo asimismo con los resultados de Legg y Allison (1967), Olson y col.(1979), Ng Kee Kwong y col.(1984), entre otros autores.

El N-fertilizante inmovilizado además de pasar a formas más complejas de la materia orgánica del suelo, también estará sometido a los procesos de mineralización que actúan sobre esta.

La remineralización ocurre con mayor intensidad en la materia orgánica recién formada (Jansen 1984), originando que la disponibilidad del N-fertilizante inmovilizado, aunque baja sea superior a la del N-suelo. (Korenkov y Rudelev, 1984; Olson y Swallow, 1984; Filipas, 1985; Smith y Power, 1985).

Esta afirmación explica los ligeros incrementos que se detectaron en las formas minerales-N (Fig.,23) con las aplicaciones de marzo y junio en fechas bastante distanciadas de las aplicaciones, por ejemplo, a partir de los 120 días en la adición de junio, así como la disminución del N inmovilizado en el tiempo (Fig. 24-27).

La residualidad del N-fertilizante que se encontró en el suelo al finalizar el experimento (marzo 1986), osciló entre 0,73-2,92 % del fertilizante aplicado (tabla 33), presentando los mayores valores la aplicación más reciente.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Takahashi (1964,1967), Power y Legg (1984), Maurit. Sug. Ind. Res. Inst. (1981,1982), Power y Legg (1984) y Maltsev (1985) quienes obtuvieron bajas residualidades, que disminuían anualmente en la medida que aumentaba la estabilización del N, y que ascendieron hasta 3-8% del fertilizante aplicado en períodos de 2-6 años.

Si bien la residualidad fue baja, los mayores % Nddf encontrados en el maíz, en relación a los obtenidos en el N-suelo (tabla33), demuestran que el N-fertilizante es absorbido con más facilidad que el N-suelo .

Un estimado de la mayor disponibilidad en base a dicha relación, arrojó que el N-fertilizante que se encontró en el suelo en marzo 1986, se absorbe entre 3-10 veces más que el N-suelo, dependiendo de la fecha de aplicación y coincidiendo con los criterios de Smith y Power (1985).

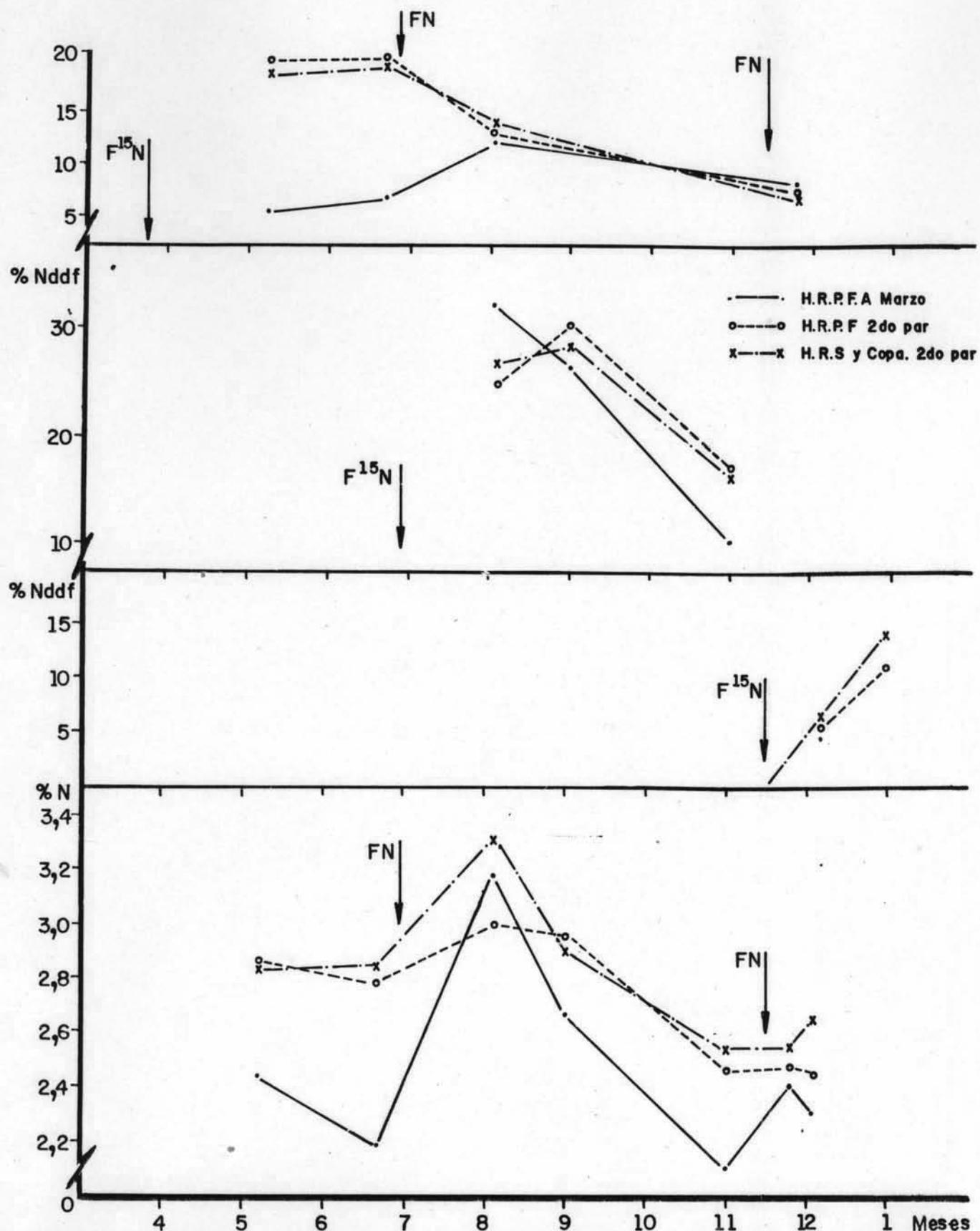


Fig.28 : EXPTO 4. % Nddf Y % N EN DIFERENTES TIPOS DE HOJAS PARA CADA UNA DE LAS APLICACIONES DE ^{15}N

En base a estos resultados y a los obtenidos por Rivera y Eolia Treto (1984) se puede considerar que en estos suelos la residualidad de una aplicación de fertilizante mineral-N para el cultivo posterior, desde un punto de vista práctico es despreciable.

4.4.2. Absorción del N-fertilizante por el cafeto.

4.4.2.1 Absorción y traslocación-

En la Fig.28 se presentan los datos correspondientes al % Nddf y % N en tres tipos de pares de hojas, en diferentes momentos postaplicación. El muestreo se realizó subdividiendo la planta en dos zonas en función de la altura, pero al no existir efecto significativo de este factor, se presentan los datos medios de ambas zonas, solo en función del tipo de hoja.

Se destacan algunos aspectos como:

-Se detectó ^{15}N en las hojas existentes antes de la aplicación, encontrándose inclusive en los muestreos iniciales correspondientes a la aplicación de junio, valores ligeramente superiores en dichas hojas, aunque altos de 25-33 % Nddf en todos los casos.

- Los % Nddf en los muestreos realizados a los 45-60 días en cada aplicación fueron diferentes, presentándose los valores mayores en junio, superiores a los de marzo y estos a su vez superiores a los de noviembre.

El hecho de presentarse ^{15}N en las hojas existentes antes de la aplicación e inclusive con una alta intensidad en la aplicación de junio, indica que el N-fertilizante es metabolizado activamente en las hojas "maduras", sugiriendo un patrón similar al del C, en el cual según Cannell y Huxley (1970) y Cannell (1971a) las hojas metabólicamente activas producen metabolitos que se consumen en los sitios de crecimiento y frutos.

Las disminuciones posteriores tanto en el % N como en el % Nddf en las hojas, refleja el movimiento hacia los sitios en crecimiento, lo cual ocurre con más intensidad en las hojas más viejas.

Aunque los mayores % Nddf encontrados fueron del orden del 25-33 %., esto no significa que en ese momento la participación del N-fertilizante en el N-absorbido fuera solo esa, ya que en las hojas existe una cantidad importante de N que diluye el N-fertilizante, además de la traslocación de N (Muller, 1959,1966; Carvajal y López 1965) de los tejidos más viejos hacia las hojas activas y de estas a los sitios consumidores, con el mismo efecto.

Tabla 34. Expto 4.- INddf en diferentes partes del sistema aéreo en marzo/86 para cada una de las aplicaciones de N¹⁰.

Intervalos de crecimiento	Aplicación mar./85			Aplicación junio/85			Aplicación nov./85		
	Hojas	Ramas	Tallo	Hojas	Ramas	Tallo	Hojas	Ramas	Tallo
Zona A									
Antes marz		2,55*	3,28*		3,03	2,95		6,40	6,7
Marzo-junio	7,70	4,70		3,90	2,90		15,60	5,00	
Junio-nov.	5,35	4,65		2,66	3,56		12,40	7,10	
Desp.-nov.	3,00	3,16		2,78	2,46		17,00	14,70	
Zona B									
Antes marzo	7,40	3,40*		4,85	4,10	3,83	13,00	8,00	7,33
Marzo-junio	9,60	4,98		4,10	5,60*		11,70	9,45	
Junio-nov	5,67	3,20		5,93	5,83		12,25	13,65	
Desp.nov.	2,87	3,28		3,36	4,06		23,63	20,30	
COPA									
Marzo-junio	8,36*	5,25*	4,90	6,45*	5,36*	3,13*	13,85	13,90	14,8
Junio-nov.	5,35	4,05	4,36	6,60	8,20	5,26	14,55	17,90	10,1
Desp.nov.	3,02	3,12	3,25	2,36	3,57	2,00	22,90	19,05	23,40

□ Valor mayor en cada parte del sistema aéreo para cada zona.

* Valor significativamente superior en cada parte del sistema aéreo para cada zona.

Cannell y Kimeu, (1971) estimaron la traslocación del N en un 35% del previamente absorbido. En este caso, un estimado de la traslocación neta del N en las hojas fue de 35-40 %, utilizando como referencia los contenidos de N en las hojas completamente expandidas (3ero-4to par) en la época de floración (3,0-3,2 % N) y el de las hojas que retornaron al suelo, (1,95 %). Solo por este concepto el N traslocado fue de 31-38 Kg. N/ha.

4.4.2.2 Distribución del N-fertilizante en la planta.

- El N del fertilizante absorbido, se distribuyó en todo el sistema aéreo (tabla 34) presentando una preferencia por encontrarse en el tejido vegetal que surgió en el intervalo inmediatamente posterior a la aplicación.

Esta preferencia si bien fue muy marcada en las plantas en que se aplicó el ^{15}N en noviembre, lo fue mucho menos en las correspondientes a las aplicaciones de ^{15}N de marzo y junio, encontrándose una tendencia a disminuir las diferencias en el tiempo.

Si bien dos pueden ser las hipótesis que expliquen esta situación: a) traslocación del N-fertilizante y b) absorción continua del N-fertilizante, consideramos en base a los resultados de suelo y planta anteriormente expuestos, que en un alto porcentaje fueron una consecuencia de la traslocación del N en la planta.

Las plantas que recibieron la aplicación de ^{15}N en noviembre 1985, presentaron de forma general altos % Nddf, aunque siempre mayores en el intervalo de crecimiento posterior a la aplicación. Los valores superiores encontrados en este caso con respecto a los del resto de las aplicaciones, deben estar dados por lo cercano del período de extracción de las plantas al de aplicación, y no haberse aplicado ningún fertilizante-N con posterioridad al ^{15}N . así como no existir efecto de exportación por cosecha.

Las diferencias encontradas entre los % Nddf en los órganos en función de su período de surgimiento, indican lo adecuado de separarlos en relación con la fecha de aplicación del fertilizante, para los estudios de aprovechamiento del N-fertilizante en este tipo de plantas.

4.4.2.3 Retorno del N y N-fertilizante al suelo.

- En la fig.29 se muestra lo importante del retorno de material vegetal, que en las condiciones experimentales de plantas con buen desarrollo vegetativo, en un año de alta

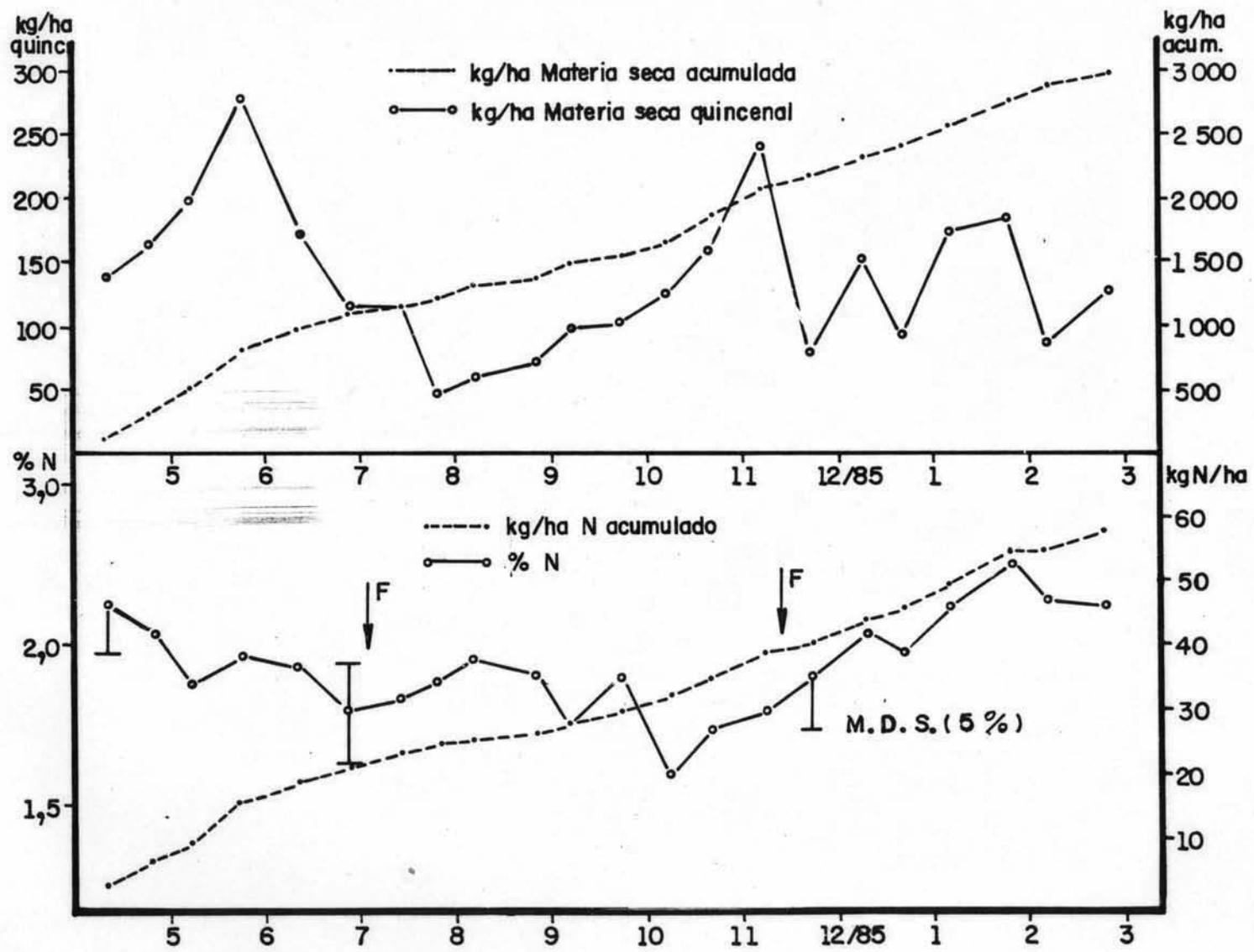


Fig. 29.- EXPTO 4. CAIDA DE HOJAS (kg/ha materia seca) Y CONTENIDO DE N EN DICHO MATERIAL (% N y kg/ha N)

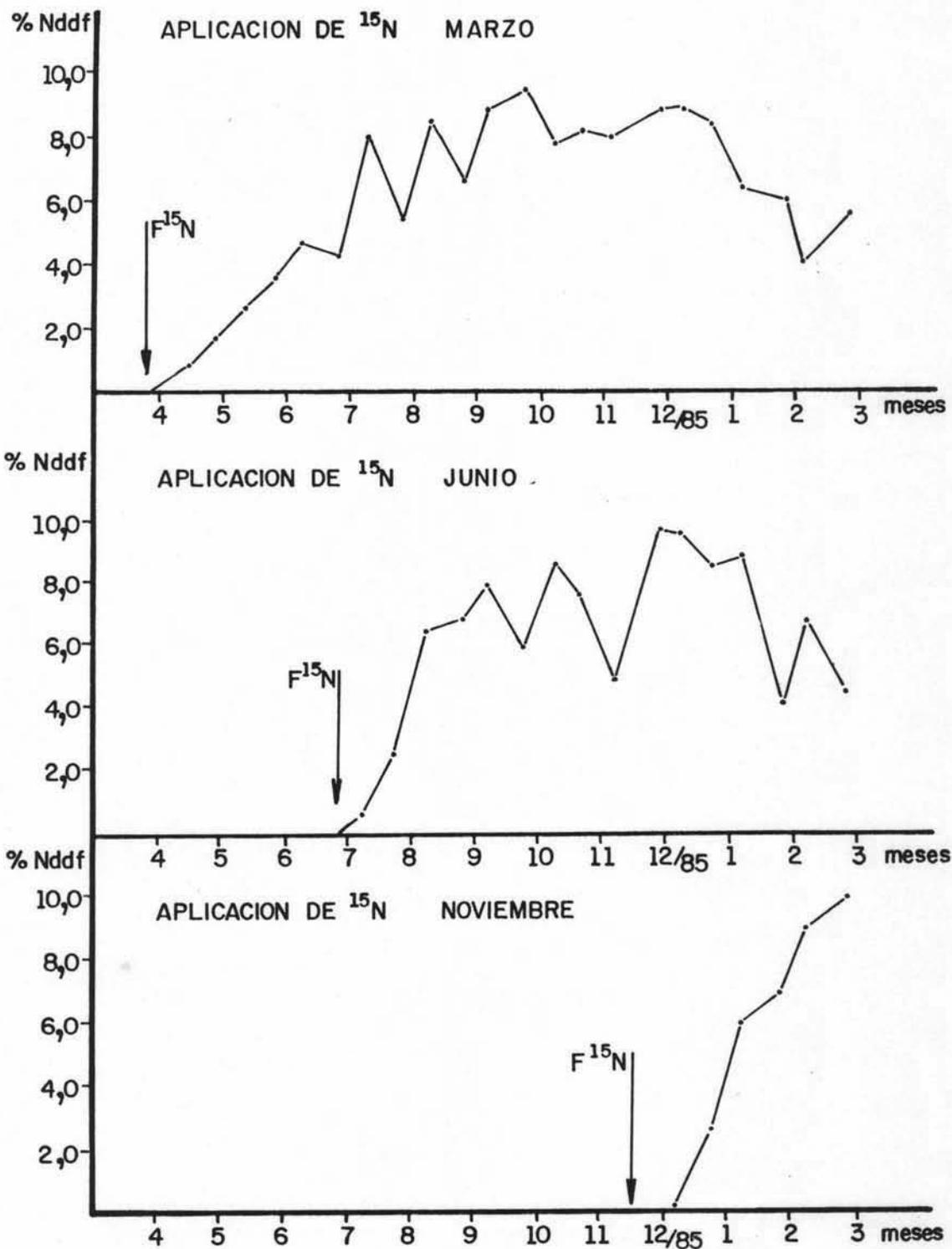


Fig. 30 : EXPTO 4. % Nddf EN HOJAS CAIDAS PARA CADA FECHA DE APLICACION

producción, llegó a ser de 3 t. de materia seca /ha solo por concepto de hojas caídas. Además de los aportes de C, favorables para el mantenimiento del humus en el suelo, se retornan cantidades relativamente importantes de macroelementos. La estimación de este fue de 56; 10,6 y 48Kg. de N, P₂O₅ y K₂O/ha en algo menos de un año. Es interesante como el %N del material caído no se mantuvo constante, sino que presentó una tendencia a disminuir con el desarrollo de la cosecha, paralelo al de la disminución del %N en las hojas (Fig.28), lo cual sugiere que en la medida que las necesidades de N en la planta fueron mayores, tiende a ser más efectivo el mecanismo movilizador de N en las hojas que caen.

El N-fertilizante absorbido no escapa de esta situación y si bien una parte es traslocado de acuerdo con el propio desarrollo y necesidades de la planta, otra pasa a formar parte posiblemente de compuestos no hidrolizables, estructurales, (Devlin, 1980) no siendo movilizado aún en el periodo de senectud de la hoja, retornando al suelo con la misma (Fig. 30) .

La participación del N-fertilizante en el N que retorna al suelo, presentó conductas relativamente similares en las tres fechas de aplicación, detectando se ya en las primeras evaluaciones a los 15 días de la adición de ¹⁵N, pequeños porcentajes de Nddf que se incrementaron rápidamente hasta un 9-10 % para cada aplicación.

En las aplicaciones de marzo y junio, se encontró con posterioridad una tendencia a disminuir, obteniéndose valores muy cercanos a los detectados en las hojas más viejas (hojas antes de marzo, marzo-junio y junio-noviembre) en el momento de la extracción de marzo 1986.

La propia diferencia entre los % Nddf obtenidos en las hojas seguido a la aplicación (Fig.28), en las hojas más viejas en marzo 1986 (tabla 34) y en las hojas que caen, es una comprobación de la traslocación del N durante el crecimiento y desarrollo del cultivo.

4.4.2.4 Descomposición del material vegetal (hojarasca).

- El N retorna al suelo formando parte de los residuos vegetales. Estos últimos, producto de la actividad de los microorganismos biológica en general, son descompuestos con una velocidad que depende de la temperatura, humedad, pH del suelo y de la relación C/N de los residuos, entre otros factores (Power, 1968; Smith y Douglas, 1971; Franco y Munns, 1982 y Roswall, 1982).

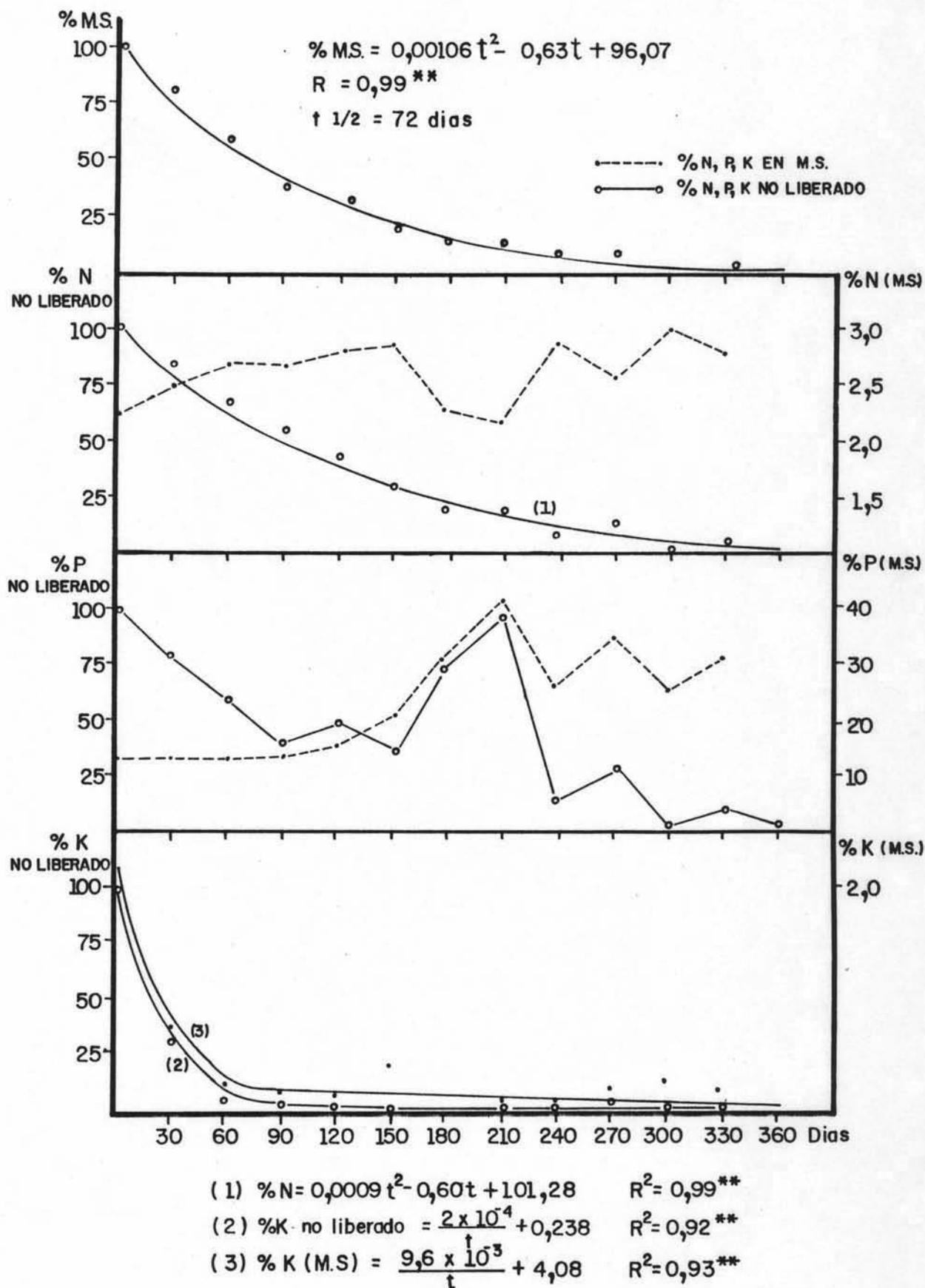


Fig.31: EXPTO 4. DESCOMPOSICION DE LA HOJA RASCA DEL CAFETO Y LIBERACION DEL N,P,K DE LAS MISMAS; % N,P,K EN EL MATERIAL SIN DESCOMPONER

En la Fig.31 se presentan los datos correspondientes a la descomposición de la hojarasca, encontrándose que:

-Esta presentó una descomposición continua, ajustándose satisfactoriamente a un modelo cuadrático ($R^2=0,95^*$), con un tiempo de vida media ($t^{1/2}$) de 72 días.

-La liberación del N presentó una tendencia similar, aunque debido al aumento del % N en el material remanente, el $t^{1/2}$ fue superior y de aproximadamente 86 días.

- La liberación del fósforo, estuvo fuertemente influida por las variaciones significativas en el % P que se produjeron en el material remanente, que hizo que luego de un período inicial de liberación, existiera con posterioridad una acumulación de P, antes de descomponerse totalmente los residuos.

El K presentó la mayor velocidad de liberación. A los 30 días, el 70 % del K contenido en los residuos había pasado al suelo, comportándose de forma similar el %K en el material remanente.

Las hojas del cafeto con un contenido medio de 1,95 % N , son un material rico en N (Smith y Douglas, 1971; Roswall, 1982) que en unión de las relativamente altas temperaturas y de las apropiadas precipitaciones dentro del periodo experimental, fueron condiciones propicias para una rápida y continua descomposición, típica de regiones tropicales (Roswall,1982; van Veen, 1984), obteniéndose un $t^{1/2}$, similar al encontrado por Aranguren y col. (1982a) y menor que el obtenido por Suárez y Carrillo (1976), en este mismo tipo de material. El incremento del % N en el material remanente, es un fenómeno que había sido detectado con anterioridad (Black, 1968; Smith y Douglas, 1971) y Aranguren y col. (1982a) lo encontró en la hojarasca del cafeto, considerando Roswall (1982) entre las diferentes causas de este incremento, las relacionadas con la actividad microbiológica y biológica en general.

En esta ocasión, además de los posibles incrementos debido a la actividad y desarrollo de los microorganismos que descomponen la hojarasca, se detectó la presencia de microorganismos fijadores de N, comprobándose además la actividad de "nitrogenasa" en dicho material. (Anexo 3).

EL incremento en el % P puede considerarse asociado con la actividad de los microorganismos y sus altas necesidades de este nutriente. La alta velocidad de liberación del K, es lógica ya que no es un elemento constitutivo de los compuestos orgánicos que forman el tejido vegetal (Devlin, 1980) y poseer una alta solubilidad.

4.4.3 Balance de la fertilización.

En la tabla 35 se destacan los siguientes aspectos:

- De las tres aplicaciones de fertilizantes nitrogenado, las plantas hicieron un mayor aprovechamiento de éste en la efectuada en junio (47 %), en comparación con 33 y 30 % en marzo y noviembre respectivamente.
- El N-fertilizante absorbido, correspondiente a las aplicaciones de marzo y junio, se encontró preferentemente en la cosecha, 56 y 74 % respectivamente y aún en el caso de la aplicación de noviembre, que se realizó cuando ya se había recogido el 62 % de la cosecha, se detectó N-fertilizante en la última recolección.
- La aplicación de junio presentó los menores porcentajes de N no detectado (27,3 %), significativamente inferior que los correspondientes a marzo y noviembre de 45 y 36 % respectivamente.

Los resultados anteriores están en concordancia con los obtenidos en la dinámica de las formas minerales en el suelo (Fig. 21 y 23) y el % Nddf de los diferentes pares de hojas (Fig.28), en los que se detectó que con la aplicación de junio, el N-fertilizante en formas minerales había permanecido poco tiempo en el suelo, <30 días, presentando las menores concentraciones de $\text{NO}_3\text{-N}$ en la máxima profundidad, así como originó los mayores % Nddf en las hojas muestreadas, lo que permitía suponer un alto aprovechamiento, que en definitiva se comprobó.

De acuerdo con los resultados de diversos autores (tabla 4), el aprovechamiento detectado con la aplicación de junio es un valor relativamente alto, que permite suponer una eficiencia aceptable de la fertilización-N, en estas condiciones, cuando esta se realiza en momentos en que el ritmo de absorción es alto.

Aún en este caso, el N-fertilizante no detectado alcanzó el valor de 27,2 % y si se tiene en cuenta que con esta aplicación, no se observaron incrementos apreciables de N en formas minerales en la máxima profundidad estudiada (60-90cm) se puede suponer que una parte importante de estas pérdidas, se deba a los procesos de desnitrificación ya que no es probable que en este tipo de suelo y mucho menos en condiciones de alta velocidad de nitrificación, ocurran pérdidas importantes por concepto de volatilización del NH_3 . Las pérdidas gaseosas por desnitrificación se valoran como de una alta incidencia en la agricultura (Dinchev, 1972 ; Muravin, 1982, Colbourn y Dowdell, 1984), asociándose no solo con condiciones de anaerobiosis total (Broeshart,1971; Tiedje y col., 1984) sino con

Tabla 35. Expto 4.- Balance del N-fertilizante (%N aplicado) para las 3 fechas de aplicación de ^{15}N , en marzo 1986.

	Expor- tación	Retorno N-fertilizante suelo				Muestreo Sistema Aereo	Planta		Aprove- chamiento Planta	Suelo*	N detec- tado sue- lo+planta	No Detec- tado
		Hojas	Flores	Frutos	Poda Ramaz		Sistema Aereo	Sistema Radical				
Aplicación mar.-1985												
planta 1 20% ^{15}N exc.	19,2	4,8	0,7	2,3	0,1	0,9	3,3	0,5	31,8	18		
2 20% ^{15}N exc.	25,1	5,2	0,2	1,0	0,1	1,2	9,7	2,0	44,5	22		
3 5% ^{15}N exc.	16,2	5,2	1,4	0,8	0,1	1,0	2,7	0,5	27,9			
\bar{x}	20,2	5,1	0,8	1,4	0,1	1,0	5,2	1,0	34,8	20	54,8	45,2
Aplicación jun.-1985												
planta 4 15% ^{15}N exc.	36,2	4,7		0,5	0,5	0,8	2,9	0,6	46,2	25,2		
5 15% ^{15}N exc.	29,8	4,1		0,9	0,3	1,8	5,4	0,8	43,1	24,6		
6 5% ^{15}N exc.	38,5	5,3			0,3	1,8	6,1		53,0			
\bar{x}	34,8	4,7		0,7	0,37	1,47	4,8	0,7	47,5	25,2	72,7	27,3
Aplicación nov.-1985												
planta 8 15% ^{15}N exc.	3,5	3,6			0,1	0,5	36,3	1,3	45,3	28		
9 15% ^{15}N exc.	2,5	3,4			0,3	0,4	20,0	1,3	27,9	26		
\bar{x}	3,0	3,5			0,2	0,5	28,2	1,3	36,7	27	63,7	36,3

* Profundidad de muestreo: 90 cm.

la anaerobiosis parcial que se origina aún en suelos bien drenados, después del riego o las precipitaciones (Ryden y Lund, 1980; Rolston y col., 1982 y Sextone y col.,1985), aumentando de acuerdo con Clay y col.(1985) en la medida que mayor sea la $[\text{NO}_3\text{-N}]$ en el suelo.

En este caso la aplicación se realizó en una plantación bajo riego por aspersión, en un período de altas precipitaciones que se extendió durante los meses de junio-agosto, lo cual en unión de algunas características de compactación entre los 40-70cm. que posee este tipo de suelo (Hernández y col.,1975), la alta actividad microbiológica que se detectó en todo el perfil (Anexo2) y la alta velocidad de nitrificación encontrada, permiten suponer que la desnitrificación es una vía probable de pérdidas en estas condiciones.

En las aplicaciones de marzo y noviembre, puede considerarse que el alto porcentaje de pérdidas está asociado fundamentalmente a la baja absorción de N por la planta y no a la existencia de condiciones climáticas más propicias para las pérdidas.

En el caso de marzo debe haber influido negativamente, el período inicial de perturbación de las plantas luego de la introducción en el suelo de los delimitadores de las microparcels.

El decremento en el ritmo de absorción en dicho período, fue detectado por la fuerte disminución de los tenores foliares (Fig.14) en meses en que todavía no debían presentarse altas exigencias por formación. de la cosecha (Rivera y Ofelia Sam,1983), así como por los bajos % Nddf obtenidos en la planta (Fig.23), aún cuando el N-fertilizante permanecía en forma disponible en el suelo (Fig.28), en un momento de crecimiento del cafeto.

En noviembre el bajo ritmo de absorción debió ser una consecuencia de la descompensación, lo cual también fue detectado por el análisis foliar (fig.14) y de los bajos % Nddf detectados en las plantas (Fig.28), lo cual indica que esta aplicación de fertilizantes no debe realizarse tan tardía, sino en septiembre-octubre, antes que se presenten síntomas de descompensación.

Coincide que en estas dos aplicaciones se encontraron las mayores $[\text{NO}_3\text{-N}]$ en la profundidad, lo que sugiere que las pérdidas por lavado fueron mayores que en junio, aunque por la alta magnitud total, también las gaseosas deben haber tenido un papel importante en estas condiciones de cultivo bajo riego y con altas $[\text{NO}_3\text{-N}]$, aunque posiblemente con una menor velocidad que en el período junio-agosto.

El análisis conjunto de la tabla 35, indica la necesidad de aplicar el N en los momentos adecuados, pudiéndose obtener con las técnicas de aplicación actuales valores de eficiencia de alrededor del 50%., pareciendo que un porcentaje de pérdidas de alrededor de 30 % son inevitables, a menos que se utilicen inhibidores de la nitrificación (Sabey, 1968; Guthrie y Bromke, 1980 y Miriam Carrión, 1987), de la hidrólisis de la urea (Broadbent y col., 1985) o fertilizantes de liberación lenta (Katyal y col, 1985; Datta, 1986), que han dado resultados satisfactorios en otros cultivos.

Se encontró un alto porcentaje de N-fertilizante absorbido en la cosecha, lo cual evidencia la importancia del N aplicado en el propio año para la formación de la misma, obteniéndose que el 30% del N exportado provino del fertilizante.

Se estimó en 115 kg/ha el N, extraído en el período marzo 1985-marzo 1986, a partir de suponer incrementos mensuales similares en los resultados de extracción de noviembre 1984-marzo1986 (Fig.17). En dicho periodo se determinó, basado en los resultados del balance con ^{15}N (tabla 35), que fueron absorbidos 78,3Kg. de los 200kg N/ha aplicados.

El N-suelo extraído por las plantas, estimado a partir de los datos anteriores fue de 37 kg/ha, indicando la existencia del efecto "extra" (Westerman y Kurtz, 1973; Broeshart, 1974 y Pomazkina, 1985), ya que el N absorbido por el tratamiento N_oPK en ese periodo fue de solo 14 Kg. (Fig. 11).

Este efecto, también se evidenció en los mayores valores de aprovechamiento del fertilizante-N encontrados por el método de las diferencias, que fueron de 67 % en comparación con el 36,3 % obtenido por el método isotópico.

Las causas del efecto "extra" en este caso de cultivos perennes y con evidente respuesta agronómica a la fertilización-N (experimentos 1,2 y 3), no solo está asociada con los incrementos en la mineralización del N-suelo, por la acción de los fertilizantes (Strelnikova, 1983; Pomazkina, 1985), sino también con el mayor crecimiento de las plantas fertilizadas y por tanto mayor explotación del N-suelo (Olson y Swallow, 1984).

4.5 Proposición de Sistemas de Fertilización-N.

Los resultados referentes al balance del N-fertilizante son imprescindibles para evaluar la eficiencia del sistema de fertilización-N empleado y buscar nuevas vías para su elevación, así como en unión de los datos de extracción de la planta permiten evaluar las dosis de fertilización utilizadas y proponer otras, así como estimar el balance del N en el

Tabla 36.- Proposición de un sistema de fertilización basado en los datos de extracción y aprovechamiento del fertilizante-N (densidad 5000 plantas/ha)*.

	sept./82**	nov./83**	nov./84**	marzo/86**	marzo/86 ⁽¹⁾
I. Extracción acumulativa (kg/ha).					
sist. vegetativo		77	174,2	122	162
retorno suelo cosecha		-	-	81	81
cosecha		-	39,2	162	162
Total:		77	213,4	368	405
II. N-suelo absorbido kgN/ha ⁽²⁾		26	40	48	
N-suelo absorbido (kg N/ha) (método de las diferencias)		26	38	17,5	
III. % Aprovechamiento fert.-N (método diferencias).		32	49	67	
% Aprovechamiento estimado ⁽³⁾		35-40	47	47	
IV. Dosis-N estimadas (kg N/ha)		128-145	204	194 ⁽⁴⁾	306
Dosis-N utilizadas (kg N/ha)		160	200		200
Dosis-N Instructivo Técnico (kg N/ha).		121	96		128

* Todos los datos excepto los de extracción acumulativa, corresponden al periodo de tiempo enmarcado entre la fecha anterior y la fecha en cuestión.

** Fecha de plantación y de extracciones respectivamente.

¹ Estimación de la extracción de N en marzo/86, a partir de la extrapolación de la extracciones de los años anteriores (fig.17), para eliminar el efecto de la descompensación,

² Estimación de la participación del N-suelo: en el primer año se considera válido el dato del método de las diferencias por presentar las plantas de No buen desarrollo. El dato de marzo/86 fue obtenido a partir del N-fertilizante absorbido (¹⁵N). El dato de nov/84 se interpoló en base a los anteriores.

³ Se consideró como aprovechamiento estimado, para cafetos con más de un año de plantado, el obtenido por ¹⁵N en la aplicación de junio (47%); para la etapa inicial se consideró un aprovechamiento inferior de 35-40 %.

⁴ Dosis calculada a partir de los datos de extracción reales, que fueron afectados por la descompensación.

Tabla 37.- Proposición de un sistema de fertilización basado en los datos de extracción y aprovechamiento del fertilizante-N. (densidad 10 000 plantas/ha).

	sept. 82**	nov. 83**	nov. 84**	marzo 86**	marzo 86 ¹
I. Extracción acumulativa					
kg N/ha.					
5000 plantas/ha		77	213,4	365,2	405
10000 plantas/ha		106	306,0	460	572
E.A. 10000 /E.A. 5000		1,37	1,43	1,26	1,41
II. % Aprovechamiento [^]fert-N					
5000 plantas/ha. ²		35-40	47	47	
% Aprovechamiento [^] fert-N		45	61	61	
10000 plantas/ha. ²					
III. Dosis estimada					
5000 plantas/ha		128-145	204	-	306
(kg N/ha)					
Dosis estimada 10000 plantas/ha		167	242	-	357
(kg N/ha)					
Relación dosis 10000/dosis 5000		1,11-1,26	1,19	-	1,17
Dosis utilizadas (kg N/ha)		160	200	200	
IV. Absorción N-suelo					
5000 plantas/ha		26	40	48	
(kg N/ha). ³					
N- del suelo 10000 plantas/ha		31	52	48	
(kg N/ha). ³					

* Todos los datos excepto los de estimación acumulativa, corresponden al periodo de tiempo enmarcado entre la fecha anterior y la fecha en cuestión.

** Fecha de plantación y de extracciones respectivamente.

¹ Estimación de la extracción en marzo/86: tanto para 5000 como para 10000 plantas/ha, se estimó a partir de las extracciones acumulativas de los años anteriores (fig.17), para eliminar el efecto de descompensación.

² Aprovechamiento del N-fertilizante: para 5000 plantas/ha fue explicado en la tabla 36; para 10000 plantas/ha se consideró superior en 7 % hasta un año de plantado y en 14 % para etapas posteriores en base a los datos obtenidos en el experimento 2. (fig.11).

³ Estimación del N-suelo absorbido : para 5000 plantas/ha fue explicado en la tabla 36; para 10000 plantas/ha se consideró en los dos primeros años, que si las plantas de esta densidad aprovechaban mejor el fertilizante lo mismo debían hacer con el N-suelo, utilizándose la relación de los aprovechamiento del fertilizante (1^{er} año-1,2; 2^{do} año - 1,3). En el último periodo, debido al amplio y profundo sistema radical del café y desarrollo de las plantas, se consideró que la absorción en ambas densidades fue similar.

sistema suelo-planta -fertilizante.

En las tablas 36 y 37 se presentan dos propuestas de sistemas de fertilización N basados en los resultados experimentales obtenidos. La suposición fundamental realizada, se debió a la limitación en crecimiento ocurrida durante el período octubre 1984-marzo 1986 en el experimento 3, lo cual hizo que se estimara una extracción óptima para dicho período, en base a la extracción acumulativa de los años anteriores (Fig.17).

La comprobación del sistema de fertilización-N propuesto para 5000 plantas/ha (tabla, lo da el propio desarrollo del experimento 3 hasta octubre 1984, el cual presentó un magnífico crecimiento, lo cual en unión de los resultados del análisis foliar evidenció que durante ese período, las dosis nunca fueron insuficientes.

La dosis utilizada en el primer año en el experimento se consideró excesiva, basada en el bajo coeficiente de aprovechamiento "aparente" obtenido y a que el efecto de la fertilización se hizo evidente a partir de los 9 meses de la plantación. La anterior situación se mejora, ya que el sistema propuesto plantea una dosis inicial menor; no obstante se consideró que las plantas en este estadio debían presentar el más bajo aprovechamiento del fertilizante.

En relación con el segundo año se propone una dosis similar a la utilizada en el experimento (tabla36), lo cual esta avalado por el buen crecimiento y desarrollo y los resultados del análisis foliar, que presentaron estas plantas durante ese año.

Durante el tercer año coincidente con una alta cosecha, la dosis utilizada fue desde todos los puntos de vista insuficiente, en este caso la dosis estimada fue de 306Kg. De N/ha, ligeramente superior a la máxima estudiada en el experimento 1 (280Kg. N/ha) y de cuyos resultados de rendimiento, crecimiento y análisis foliar se infirió que la dosis óptima debía ser ligeramente superior a 280Kg. N/ha.

A su vez fue ligeramente inferior a la recomendada en el experimento 2 (320 kg/ha.), durante el año de mayor cosecha.

El sistema de fertilización propuesto, basado en los datos de extracción, aprovechamiento del fertilizante-N y del N-suelo, en algunos casos obtenidos y en otros estimados, a partir de los propios resultados experimentales (experimento 3 y 4), presenta una adecuada concordancia con los mismos e inclusive con los del experimento 1, del cual no se tomo ningún dato para la elaboración del sistema.

Dosis muy similares a la propuesta, entre 312-350Kg. N/ha son recomendadas en

diferentes países (Oficina del Café, 1976, 1977; Anónimo, 1978) para plantaciones con altos rendimientos, tal como los aquí encontrados. (Experimentos 1 y 3).

Las dosis propuestas son muy superiores a las recomendadas por el Instructivo Técnico (Cuba. MINAGRI, 1987) pero son necesarias para garantizar altos rendimientos en aquellas zonas donde el potencial productivo lo permita.

Es importante precisar que los sistemas de fertilización planteados, no significan que las dosis utilizadas en la "producción" estén limitando siempre los rendimientos. Ese planteamiento debe ser válido en áreas con un buen rendimiento, > 0,9-1 t.c. oro/ha o con condiciones adecuadas para altas producciones, donde la dosis utilizada debe ser la causa de una producción no sostenida y descompensación en la plantación.

No obstante, existen áreas en las cuales el problema no es de fertilizantes, ya que aún en condiciones experimentales no se obtiene más de 5 t. c. cereza/ha, reflejando esta situación los resultados de Rodríguez y col., (1987), al encontrarse la respuesta óptima con dosis menores de fertilizante-N, de 100-200 Kg. N/ha.

Es decir, la ecología y el manejo predeterminan un potencial productivo (Carvajal, 1984; Rojas, 1987). En la medida que el potencial sea mayor, mayor es la necesidad de fertilizante; pero si el potencial es bajo, las dosis altas de fertilizante no van a elevarlo.

En el sistema de fertilización-N propuesto para 10000 plantas/ha (tabla37), se destaca de acuerdo con los datos de los experimentos 2 y 3, la mayor eficiencia de la fertilización-N en las condiciones de altas densidades, obteniéndose producciones muy superiores (36 %) con dosis de fertilizantes ligeramente superiores (15%), lo cual coincide con los resultados de Uribe y Salazar (1981) y Matiello y col. (1984). En este caso se consideró que el aumento en requerimientos de fertilizantes al pasar de 5000 plantas/ha a 10000 sea de 1,20, basado en los incrementos en extracción N (1,4) y de eficiencia de la fertilización-N (1,15), que se obtuvieron cuando se utilizaron 10000 plantas/ha en relación con 5000.

Un balance hipotético del N en el sistema suelo-planta-fertilizante (tabla38) para las dosis propuestas, presentó un resultado ligeramente desfavorable que se agudizó en los primeros años de la plantación, sobre todo en lo referente al N-suelo, ya que en esos primeros períodos no existe un retorno apreciable de residuos vegetales de las plantas.

Los datos evidenciaron la necesidad de considerar adiciones de N al sistema, bien sea con coberturas muertas, abonos orgánicos o coberturas vivas de leguminosas, que además de

Tabla 3B.- Balance hipotético del N del sistema y N-suelo en relación con el sistema de fertilización-N propuesto para densidades de 5000 plantas/ha. (kg N/ha).

	sept. 82**	nov. 83**	nov. 84**	marzo 86**	total
I. Adición de fertilizante		+137	+204	+306	+647
II. a) Absorción planta N-fert.		51	96	144	291
Absorción planta N-suelo. ⁽¹⁾		26	40	48	114
Absorción planta N.		77	136	192	405
b) Retorno N.		-	-	81	81
III. Inmovilización N-fert. ⁽²⁾		34	51	77	162
IV. Pérdidas N-fert. ⁽³⁾		-37	-55	-83	-175
Pérdidas N-suelo. ⁽⁴⁾		-124	-110	-147	-381
Pérdidas-N.		-161	-165	-230	-556
V. Exportación-N (cosecha)		-	-39	-123	-162
VI. Balance N-sistema.		-24	0	-47	-71
VII. Balance N-suelo.		-116	-99	-37	-252

* Todos los datos excepto los del total, corresponden al período de tiempo enmarcado entre la fecha anterior y la fecha en cuestión.

** Fecha de plantación y de extracciones respectivamente.

⁽¹⁾ Se consideró como N-suelo absorbido, el presentado en la tabla 3A.

⁽²⁾ Se consideró la inmovilización del N-fertilizante en 25% del aplicado, a partir del valor promedio obtenido con ¹⁵N.

⁽³⁾ Se consideró el N-fertilizante perdido en 27% del aplicado, siendo este el menor valor de pérdidas (N no detectado) obtenido con ¹⁵N.

⁽⁴⁾ Ver anexo 4.

controlar las hierbas indeseables, son una vía importante de aportes de N al sistema (Bouharmont, 1978) y mantener de esta forma los contenidos N e inclusive elevarlos.

4.6 -Análisis económico.

4.6.1-Análisis técnico-económico de los requerimientos de fertilizante-N (5000 plantas/ha).

Este análisis se realizó a partir de los resultados de los experimentos 1 y 2. En cada caso se consideró, uno de los sistemas de fertilización-N empleados como similar al del Instructivo Técnico (Cuba .MINAGRI,1987), producto de presentar acumulados de fertilizante-N similares y sobre todo muy parecidos en los años de cosecha (tabla 39).

En los dos experimentos existió una marcada respuesta a la fertilización-N, originando las dosis de fertilizantes más adecuadas, rendimientos entre 4 y 6 t.c. cereza/ha superiores ala de los tratamientos considerados como del Instructivo. Esto originó un incremento positivo entre 861-1320 pesos/ha y sin tener en cuenta el estado nutricional deficiente que provocaron estas últimas y que se debe reflejar en las cosechas siguientes.

El sistema propuesto suministra dosis inferiores, pero mejor distribuidas que él que más produjo, debiendo ser más productivo y económico.

4.6.2 Análisis técnico económico del incremento de eficiencia en las altas densidades.

En ambos experimentos (tabla 40) se encontró que las altas densidades no solo producen más, sino que al aprovechar mejor el fertilizante, producen más por cada kg de fertilizante empleado, e inclusive en el experimento 2 en que las plantas presentaron un crecimiento limitado, se obtuvo el mayor incremento en eficiencia.

En el caso de los sistemas de fertilización propuestos, aunque los mismos conllevan más fertilizante-N que el usado en el experimento 3, para poder garantizar los requerimientos de las plantas, se mantiene el aumento en eficiencia por el uso de las altas densidades, aún suponiendo que se mantienen los mismos niveles de rendimiento que fueron obtenidos con menores dosis de fertilizantes.

5 CONCLUSIONES

1.-La cachaza y el estiércol ejercieron el mismo tipo de efecto beneficioso sobre el crecimiento y desarrollo del cafeto, no distinguiendo las plantas entre una y otra fuente;

Tabla 39.- Análisis técnico-económico de los requerimientos de fertilizante-N. (5000 plantas/ha).

	Acumulado fertilizante-N kg/ha	Rendimiento acumulado tc.cereza/ha	% incremento rendimiento	Incremento Adicional (pesos/ha)
Instructivo Técnico.	345			
Expto 1:				
Sistema N ₁ *	320	22,8		
Sistema N ₃	720	28,7	26,3	1320
Expto 2:				
Sistema N ₂ *	400	4,6		
Sistema más adecuado	640	8,6	86,0	861

* Sistemas de fertilización-N que se consideraron similares al del Instructivo Técnico (Cuba. MINAGRI, 1987), en ambos experimentos.

Tabla 40.- Análisis técnico-económico del incremento en eficiencia de la fertilización por el aumento en la densidad de plantación.

Densidad plantas/ha	Rendimiento acumulado t. c.c./ha	Fertilización utilizada kg/ha	kg c.c./kg fertilizante aplicado	Incremento en eficiencia* de la fertilización
Expto 3				
10000	34,0	560	60,7	1,38
5000	25,0	560	44,6	
10000	34,0	769	44,2	1,12
5000	25,0	636	39,3	
Expto 2				
10000	18,44	640	28,8	2,15
5000	9,56	640	13,4	

□ Análisis realizado a partir de los sistemas de fertilización propuestos que conllevan cantidades mayores de fertilizante para evitar la descompensación y suponiendo que se alcanzan los mismos rendimientos

* A partir de dividir "kg c.c./kg fertilizante aplicado" en ambas densidades.

no obstante es necesario tener en cuenta un número mayor de años para la evaluación económica de esta aplicación.

2.-La eficiencia de la fertilización-N se incrementó, con el aumento de la densidad de plantación. Las plantas de las altas densidades presentaron un aprovechamiento "aparente" acumulado de 65%, y 14% mayor que el correspondiente a 5000 plantas/ha.; resultando además más adecuada la densidad de 10000 plantas/ha. que la de 5000, para el cultivo del cafeto.

3.-Los incrementos de la necesidad de fertilizante-N debido al aumento en la densidad de plantación, no son proporcionales al aumento en el número de plantas, estimándose un factor de incremento de 1,2 para la densidad de 10000 plantas/ha, con relación a la dosis óptima de fertilizante nitrogenado para la densidad de 5000 plantas/ha.

4.- El N-NH_4^+ fue nitrificado rápidamente, siendo mucho más rápido el proceso en junio-julio (una semana), que en marzo-abril (un mes). Esta forma del N, presentó un movimiento muy limitado, después de los primeros 30 cm de profundidad, e inferior al del N-NO_3^-

5.-El N-fertilizante fue rápidamente inmovilizado, inicialmente en un mayor porcentaje en las formas más móviles del N-suelo y aumentando con posterioridad su participación en las formas menos móviles, a expensas de las primeras. La velocidad de inmovilización dependió de la época de aplicación, siendo mayor en los meses de altas precipitaciones y temperaturas.

6.-El N-fertilizante encontrado en el suelo al final del experimento, osciló entre 20-27 % del aplicado, presentando una baja residualidad (0,73 - 2,92).

7.-El N presentó una alta movilidad en la planta y alrededor del 35% del que se encuentra en las hojas, se moviliza antes que estas caigan.

8.-El N absorbido en el período de floración-fructificación se encontró fundamentalmente en la cosecha (50-74 %.), distribuyéndose el resto en toda la planta, mostrando una preferencia por los tejidos surgidos en el período cercano a la aplicación, que tiende a disminuir en el tiempo.

9.-Las plantas de cafetos en la fase productiva retornan cantidades importantes de material vegetal al suelo, fundamentalmente de hojas, las cuales en el período lluvioso, se descomponen continuamente con un $t^{1/2}$ de 72 días. La liberación del N presentó un $t^{1/2}$ ligeramente superior.

10.-El aprovechamiento del ¹⁵N-fertilizante osciló entre 30 y 47 % . del aplicado, influido por el ritmo de absorción del cultivo, siendo las pérdidas de 27%, en el caso del mayor aprovechamiento y llegando a alcanzar hasta 45% en la aplicación de menor aprovechamiento.

11.-El análisis foliar (% N) reflejó adecuadamente los efectos de la fertilización-N sobre el crecimiento y rendimiento, siendo evidente la necesidad de escoger adecuadamente el momento de muestreo para lograr dichos fines. En la etapa de floración e inicio de la fructificación contenidos entre 3,05-3,4 % .N son considerados satisfactorios; valores menores hasta 2,6 % .N son considerados deficientes y por debajo de 2,6 % muy deficientes. En la etapa de julio-agosto, que integra las exigencias de la cosecha en formación y el suministro de N, contenidos entre 2,7-3,0 se consideran adecuados y <2,6 % N deficientes.

12.-El cultivo del cafeto en estos suelos requiere imprescindiblemente de la aplicación de fertilizante-N, cuya necesidad se hace evidente desde los 6-9 meses de iniciada la plantación. Se propone un sistema de fertilización-N para densidades de 5000 pl/ha , en base a los criterios agroquímicos obtenidos cuyas principales características son :

	Aprovechamiento	Extracción N	Fertilizante-N
	fertilizante %	kg/ha	kg/ha
Plantación			
y 1 año	35-40	77	128-145
2 año	47	136	204
3 año	47	187	306

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos se recomienda:

1.-Utilizar el sistema de fertilización nitrogenado propuesto para densidades de 5000 plantas/ha, como base para la modificación del Instructivo Técnico vigente para plantaciones de Coffea arabica sobre suelo Ferralítico Rojo.

2.-Emplear los criterios de extracción y aprovechamiento del fertilizante nitrogenado para la densidad de 10000 plantas como base para la elaboración del sistema de fertilización

en esta densidad.

3.-Emplear los criterios foliares obtenidos (% .N), como diagnóstico del estado nutricional del cafeto y ajuste del sistema de fertilización empleado.

4.-Utilizar los criterios agroquímicos de extracción, exportación, coeficiente de aprovechamiento del fertilizante y análisis foliar como base metodológica para la elaboración del sistema de fertilización nitrogenado en una condición edafoclimática dada.

5.-Emplear los resultados sobre las transformaciones del nitrógeno del fertilizante en el suelo (nitrificación, inmovilización y residualidad), así como sobre la nutrición nitrogenada del cafeto como base para continuar y profundizar en los estudios referentes al cultivo y dinámica del nitrógeno en suelos Ferralíticos Rojos.

6.-Continuar los estudios de materia orgánica y fertilización nitrogenada, así como sobre las transformaciones y balance del fertilizante nitrogenado en plantaciones de cafetos, incluyendo diferentes condiciones edafoclimáticas, y profundizando en los tipos de pérdidas que afectan más en cada caso.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍAS

Documentos del partido y el Estado.

- 1- Castro, F. 1980. Informe Central al II Congreso del Partido Comunista de Cuba. Material de estudio No.1. La Habana: Departamento de Orientación Revolucionaria del Comité Central del PCC.
- 2-Partido Comunista de Cuba, 1986. Lineamientos económicos y sociales para el quinquenio 1986-1990, La Habana.

Referencias generales.

- 3-Abruña, F. and J. Vicente-Chandler-, 1963.Effects of Six Sources of Nitrogen on Yields, Soil Acidity and leaf Composition of coffe. Journal of Agriculture, University of Puerto Rico. 47 (1) 41-6
- 4- Abruña, F.J .Vicente-Chandler, L.A. Becerra y col.1965.Effects al Liming and Fertilization on Yields and foliar Composition of High –Yielding Sun grown Coffee in Puerto Rico. Journal of Agrículture, University of Puerto Rico. 49 :413-428.
- 5-Academia de Ciencias de Cuba, 1983.1era Conferencia Nacional de Agroquímica;; Acuerdos, La Habana.

- 6- Allison, F. J. , 1935. Nitrogen Losses in Soil. *Adv.Agron.*7:213-250.
- 7- Alomá, J., H. Perez and I. Cuéllar, 1974. Advances in Sugar Cane Fertilization in Cuba. *Proceedings 15th Congress I.S.S.C.T.*; Durban (South Africa).
- 8- Alpizar, L. H.W.Fassbender; J. Heaveldop y col.. 1985. Sistemas agroforestal es de café (*Coffea arábica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poro (*eritrina poeppigians*) en Turrialba, Costa Rica. I. Biomasa y reservas nutritivas. *Turrialba* 35(3): 233-242.
- 9-Anónima, 1968. El cultivo del café en Puerto Rico. *Agricultural Exp. Sta. University of Puerto Rico. Bul.*(211).
- 10-Anónimo, 1978. Standard Recomendations for Fertilizers, 1978. *Coffee Res. Sta. Technical Circular No. 38. Kenya Coffee* 43 (506) :153-160.
- 11- Anónimo, 1983a. Standard Recommendations for Fertilizers, 1983. *Technical Circular No. 55. Kenya Coffee* 48 (566): 144-151.
- 12-Anónimo,1983b. Better Coffe Farming. *KenyaCoffee* 48 (562): 33.
- 13- Anónimo, 1985. Standard Recommendations for Fertilizers.*Technical Circular No. 59. Kenya Coffee* 50(586): 369-375.
- 14- Aranguren, J.;G. Escalante and R. Herrera, 1982a. Nitrogen Cycle of Tropical Perennial Crops Under Shade Tree. I.*Coffee. Plant and Soil* 67 (1-3): 247-258
- 15- Aranguren, J.; Escalante and R. Herrera, 1982b. Nitrogen Cycle of Tropical Perennial Crops Under Shade Trees. II Cacao. *Plant and Soil* 67 (1-3): 259-269.
- 16- Arzola, N., 1968. Algunos aspectos de interés sobre la utilización de la cachaza en el cultivo de la caña de azúcar. *Academia de Ciencias de Cuba. Serie caña de Azúcar* (10).
- 17-Badzhov, K. and E. Ikonomova, 1971. ¹⁵N for Studying Nitrogen Transformations in Soil, Nitrogen Nutrition of Plants, and in Assessing Available Nitrogen in Soil. In "Ni trogen-15 in Soil Plant Studies". *Proceedings of Research Coordination Meeting. Sofia, Bulgaria. Sept., 1969.*
- 18- Bar-Akiva, A.; A Shaked and J. Sajiv, 1967. The Use of the Nitrate Reductase Activity for the Appraisal of Nitrogen Status and Productivity of Grape Fruit Orchard trees. *Hort. Science* 2 (2): 51-53.
- 19- Bar-Akiva,. A. and J. Sternbaum, 1965.,Possible Use of the Nitrate Reductase Activity of Leaves as a Measure en the Nitrogen Requirement of Citrus Trees.*Plant and Cel Physiology* 6: 575-577.

- 20-Bartholomew,W.U. ,1971. ¹⁵N in Research on the Availability and Crop Use of Nitrogen. In “nitrogen-15 in Soil–Plant Studies”. Proceedings of a Research Coordination Meeting.Sofia, Bulgaria. Sept., 1969.
- 21- BASF , 1978. Foliar Fertilization, Kenya Coffee 42 (500): 375-385.
- 22- Beaumont, J.H. and E.T. Fukunaga, 1958. Factors Affecting the Growth and Yield of Coffee in Kona, Hawaii . Hawaii Agricultural Experiment Station. Bull.(113).
- 23- Benac, R. 1969. Evolution Annuelle de lazote total, nitrique et amonia des echantillons du sol, des feuilles et des fruits de caféier arabica. Café, Cacao,The): 13(2): 116-130.
- 24-Black.. C. A. (Ed.), 1965. Methods of Soil Analysis. Part.II. Chemical and microbiological Proparties. Agronomy Journal. American Society of Agronomy. Inc, Publisher.Madison, Wisconsin, U.S.A.
- 25-Black:,C.A.,1968. Soil-Plant Relationships. New York: John Wiley.
- 26-Bornesmiza,E.,1982. Nitrogen Cycling in Coffee Plantations, Plant and Soil 67(1-3): 241-246.
- 27-Bouharmont, P.,1978. La utilización de las plantas de cobertura en el cultivo del café Robusta, en Camerón. Café, Cacao,Thé 22 (2): 11;3-138.
- 28-Bouharmont.P.,1981. Experimentación acerca de los dispositivos y las densidades de plantación del cafeto arábica en Camerun. Café, Cacao, Thé 25(4): 243-262.
- 29-Bravo, M. T. y C. E. Fernández . 1964. Respuesta de plantas jóvenes de café a la aplicación de tres niveles de humedad en el suelo y dos fertilizantes nitrogenados. Turrialba 41(1): 15-23.
- 30- Bremner, J. M. , 1965. Inorganic Forms of Nitrogen. In C.A. black (ed.)"Methods of Soil Analysis. Part II . Chemical and Microbiological Properties". American Society of Agronomy, Inc., Publisher. Madison, Wisconsin.U.S.A.
- 31- Broadbent. F.E and K.B Tyler! 1962.Laboratory and Greenhouse Investigations of Nitrogen Immobilizaation.Soi1 Sci Soc. Am. Proc.26(5): 459-462.
- 32-Broadbent, F.E.; T. Nakashima and Grace Y. Chong, 198. Performance of Some Urease Inhibitors in Field Trials with Corn Soil Sci. Soc. Am.J. 49:34f3-351.
- 33- Broeshart, H., 1971.The Fate of Nitrogen Fertilizar in Flooded Rice Soils. In,"Ni trogen-15 in Soil Pliant Studies".Proceedings of a Research Coordination Meeting. Sofia, Bulgaria. Sept. 1969.

- 34-Broeshart, H., 1974. Quantitative Measurements of Fertilizer Uptake by Crops. *Neth. J. Agric. Sci.* 22:245-254
- 35-Browning, G., 1973. Work in Progress in Coffee Research. Part. III. Physiology. *Kenya Coffee*. 38.
- 36- Browning, G. and N.M. Fisher, 1976. High Density Coffee: Yield Results. for the First Cycle from Systematic Plant Design. *Kenya Coffee* 56:71-78.
- 37- Cain, J. C. Absorption and Metabolism of Urea by Leaves of Coffee, Cacao and Banana. *Fruct. Am. Soc. Hort. Sci.* 62:279-286.
- 38- Cameron, D. R. and C. G. Kowalenko, 1976. Modeling Nitrogen Processes in Soil: Mathematical Development and Relationships. *Can. J. Soil Sci.* 56:71-78.
- 39- Campos, C.C., 1978. El café en Costa Rica, Información General. San José (Costa Rica). *Investigaciones en Café*. 16 p.
- 40- Cannell, M.G. R., 1970. The Contribution of Carbohydrates from Vegetative Laterals to the Growth of Fruits on the Bearing Branches of *Coffea arabica*. *Kenya Coffee*. 35:323-327.
- 41- Cannell, M.G.R., 1971a. Effects of Fruiting, Defoliation and Ring-Barking on the Accumulation and Distribution of Dry Matter in Tranches of *Coffea arabica* L. in Kenya. *Experimental Agricultura* 7 (1) : 6:3--74.
- 42- Cannell, M.G.R., 1971b. Production and Distribution of Dry Matter in Trache of *Coffea arabica* L. in Kenya as Affected by seasonal Climatic Differences and the Presence of Fruit. *Ann. Appl. Biol.* 67: 99-120.
- 43- Cannell, M.G.R., 1973. Effects of Irrigation, Mulch and N-Fertilizers on Yield Components of Arabica Coffee Seedlings. *Experimental Agriculture* 9:225-232.
- 44- Cannell, M. G. R., 1976. Crop Physiological Aspects of Coffee Bean Yield. *Kenya Coffee* 41 (464) 245-253.
- 45- Cannell, M. G. R. and B.S. Kimeu, 1971. Uptake and Distribution of Macronutrients in Trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as Affected by Seasonal Climatic Differences and the Presence of Fruit. *Ann. Appl. Biol.* 69:213-230.
- 46- Cannell, M. G. R. and P. A. Huxley, 1969. Seasonal Differences in the Pattern of Assimilate Movement in Branches of *Coffea arabica*. *Ann. Appl. Biol.* 64:345-357.
- 47- Cannell, M. G. R. and N.A. Huxley, 1970. Seasonal Patterns of Growth and Development of arabica Coffee in Kenya. *Kenya Coffee* 35: 139-142.

- 48-Carrión, Miriam, 1987. Los inhibidores de la Nitrificación. (Taller) Problemas actuales del Nitrógeno en la Agricultura. La Habana: Sociedad Cubana Ciencia del Suelo.
- 49- Carvajal, J. F. 1959. Nutrición mineral del cafeto. Requerimientos de la cosecha. STICA. Información Técnica No. 9. San José. (Costa Rica).
- 50-Carvajal, J.E., 1967. Cafeto. Introducción al cultivo. Tel Aviv, Servicio de Extensión Agrícola de Israel. Departamento de Capacitación para el Extranjero. 72 p.
- 51-Carvajal, J.F., 1969. La toma de muestras foliares en cafetos para fines de diagnóstico. U. de Costa Rica.. Fac. de Agronomía. Bol. Informativo(2) .
- 52-Carvajal, J. F., 197:. Cafeto, cultivo y fertilización. Berna, (Suiza). Instituto Internacional de la Potasa.
- 53-Carvajal, J. f.,1978. El diagnóstico del estado de nutrición de los cultivos. Agron. Costarr. 2(2):175-183.
- 54-Carvajal, J. F., 1984- Cafeto, cultivo y fertilización. Berna, (Suiza). Instituto Internacional de la Potasa.
- 55-Carvajal, J. F; A. Acevedo y C. López, 1969. Nutrient Ijptake by the Coffee tree during a yearly Cycle. Turrialba 19 (1): 13-20.
- 56-.Carvajal, J. F. y C. López, 1965. Variación estacional del contenido de Nitrógeno y Fósforo Soluble en las hojas del café. Informe Anual (1964). San José, (Costa Rica). Laboratorio de Investigaciones Agronómicas.
- 57-Cassidy, D. S. M. and D. Kumar, 1984. Root Distribution of Coffea arabica. L. in Zimbabwe. I. The Effect of Plant Density Mulch, Cova Planting and Shade in Chipinge. Zimbabwe J. Agric. Res. 22(2):119-131.
- 58-Cassman, K. G. and R. N. Munns, 1980. Nitrogen Movilization as Affected by Soil Moisture, Temperature, and Depth. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:1233-1237.
- 59-Castillo, L. D y J. F, Carvajal, 1976. Algunas factores que afectan la actividad de la reductasa del nitrato en el cafeto. Segundo Congreso Agronómico Nacional, San José, (Costa Rica). Anales y Resúmenes, 1: 65-66.
- 60- Castro, F., 1986. La fertilización fosfórica del arroz (*Oryza sativa* L.) en el Suelo Ferralítico Cuarcítico Amarillo Rojizo Lixiviado. Tesis C. Dr. en Ciencias Agrícolas. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- 61- Caviellini, J. A. y J. F. Carvajal. 1978. Mineral Nutrition and Nitrate Reductase

- Activity in Coffee Trees Affected by Mineral Deficiency. Turrialba 28 (1): 1-66.
- 62-Clay, D. E. J. A. E. Molina; C. E. Clapp, et al. , 1985. Nitrogen-Tillage-Residue Management. II . Calibration of Potential Rate of Nitrification by Model Simulation. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 322-325.
- 63-Clowes, M. St. J., 1973. Physiological Dieback of Coffee. Rhodesia Agric. Journal. 70 (4): 85-89.
- 64- Colbourn, P. and J. Dowdell, 1984. Denitrification in Field Soils. Plant and Soil. 76 (1-3): 213-226.
- 65-Cooil, J. B., 1960. La composición de la hoja en relación con el crecimiento y rendimiento del café en Kona. Turrialba (Costa Rica). Materiales de Enseñanza de Café y Cacao No. 19.
- 66-Crooi1, J. B. y E. T. Fukunaga, 1969. Aplicaciones intensivas de fertilizantes, y sus efectos. Progresos en la producción técnica del café. Academia de Ciencias de Cuba. Serie Agrícola (11). .
- 67-Cordero, J. J., 1974. Pérdida por lavado de nutrientes utilizando diferentes portadores en la caña de azúcar. La Habana: Dpto. Agronómico. Inst. Inv. Caña de Azúcar. Cuba.
- 68- Cortés, Sara, 1984 Estudio de diferentes métodos para controlar el crecimiento y el desarrollo; su influencia en la producción de Coffea arábica. Tesis de grado C. Dr. En Ciencias Agrícolas. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- 69- Cuba. INRA, Dir. Nac., de Suelos y Fertilizantes. Suelos de Cuba. Tomo 1. Resumen de los trabajos investigativos. marzo 1964-marzo 1968. La Habana: Ed. Orbe, 1975.
- 70- Cuba. MINAGRI, 1987. Instrucciones técnicas para el cultivo del Café y Cacao. La Habana: Dir. Nac. de Café y Cacao.
- 71-Chala.. S.; A. Ferrera y Micaela Estrada, 1985. Efecto de distintos niveles de nitrógeno sobre la producción de café. Resultados preliminares. Quinto Seminario Científico INCA. La Habana: Resúmenes p. 331.
- 72-Chaverri, C. E.; E. Bornesmiza y F. Chávez , 1957. Resultados del análisis foliar del café en Costa Rica STICA. Información Técnica # 3.
- 74-Chin, W. and W. Kroontje, 1963. Urea Hydrolysis and Sub-Sequent Loss of Ammonia. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27: 316-318.
- 75- Datta, S. K. de, 1986. Improving Nitrogen Fertilizer Efficiency in Lowland Rice in

Tropical Asia Fertilizer Research 9: 171-186.

- 76-Devlin, R. M., 1980. Fisiología Vegetal. Barcelona: Omega.
- 77-Dinchev, D., 1972. Agroquímica. La Habana: Edición Revolucionaria,
- 78-Dinchev, D; J. Herrera; Yolanda Abad y col.; 1974. Investigaciones sobre la transformación del nitrógeno en el suelo y su asimilación por las plantas en condiciones tropicales. Ciencias Agropecuarias. Serie Ingeniería Agronómica. (16).
- 79-Duncan, D. B., 1955. Multiple Range and Multiple F Test. Biometrics 11: 1
- 80-Epstein, E. 1971. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. New York.. John Wiley and Sons Inc.
- 81-Espinosa, Flora, 1961. Resultados preliminares del análisis foliar del café en El Salvador. Inst. Salvadoreño Inv. Café. Bol. Informativo. (Suplemento) (10).
- 82-FAO, 1986. Anuario de fertilizantes 1985. Vol.35 Pág. 84.
- 83-Fassbender, H. W. Y M. Grimm, 1981a. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II. Producción y descomposición de los residuos vegetales. Turrialba 31(1): 39-47.
- 84-Fassbender, H. W. y M., Grimm, 1981b. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema de los Andes Occidentales de Venezuela. IV. Modelos y Conclusiones. Turrialba 31(2): 101-108.
- 65-Faust, H. , 1981. Training Manual, -FAO/IAEA. Interregional Training Course on the Use of ¹⁵N in Soil Science and Plant Nutrition. Leipzig.
- 86-Fenn, L. B.and S. Miyamoto, 1981.Ammonium Loss and Associated Reactions of Urea in Calcareous Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 537-540.
- 87- Filipas, N. A., 1985. Transformation of Immobilized Nitrogen of Fertilizer in Soddy—Podsolich Soils. Agrochimia (ruso) (6): 27-33.
- 88- Fisher, N. M. and G. Browning, 1978. The Water Requirements of High Density Coffee. I. Responses to Irrigation and Plant Water Stress Measurements. Kenya Coffes 43: (503) 43-46.
- 89- Forestier, J., 1967. El potasio y el café Robusta. Fertilite 30: 3-63.
- 90- Franco, A. A. y D. N. Munns, 1982. Asimilación del nitrógeno por las plantas y el ciclo de este elemento. Plant and Soil 67: (1-3)
- 91- Franco.C. M.; W. Lazzarini; A. Conagin y col., 1960. Manutencao do cafezal com adubacao exclusivamente mineral. Bragantia 19 (33): 523-546.

- 92- Fried, M., 1978. Direct Quantitative Assessment in the Field of Fertilizer Management Practices. 11th. International Congress of Soil Science. p. 103-129.
- 93- Fried, M.; R. J. Soper and H. Broeshart, 1975. ¹⁵N labelled Single-Treatment fertility Experiments. *Agronomy Journal* 67: 393-396.
- 94- Fundora, O y P. Torres, 1987. La nitrificación: factores que influyen, con especial referencia a los suelos arenosos plásticos del norte de Villa Clara. Taller "Problemas actuales del nitrógeno en la Agricultura". La Habana: Sociedad Cubana Ciencia del Suelo.
- 95- Gallo, J. R.; R. Hiroce; O.C. Bataglia y col., 1970. Levantamiento de cafezais do Estado de Sao Paulo pelo analise química foliar. II. Solos Podzolizados de Lins e Marília, Latossol Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo -Orto. *Bragantia* 29: 237-248.
- 96- Gallo, R; R. Hiroce y O. C. Bataglia, 1971. Tenores de nitrogenio en folhas do cafeieiro, em relacao a adubacao química. I. Latossolo rosa transicao para Latossolo vermelho amarelo orto. *Bragantia* 30 (17): 171-177.
- 97- Gathaara, M. PH and J.M. Kiara, 1984. Factors that Influence Yield in Close-Space Coffee.1. Light, Drymatter Production and Plant Water-Status. *Kenya Coffee* 49(578): 159-167.
- 98- Geus, J.G., 1967. Guia de fertilización para cultivos tropicales y subtropicales. Zurich, Centre d'Etude de L'Azote.
- 99- Gilmour, J.T. 1984. The Effect of Soil Properties on Nitrification and Nitrification Inhibition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 1262-1266.
- 100- Glander, H., 1968. Conocimientos y experiencias obtenidas en la abonadura del café, *Actualidades Cient-Tec. Ing. Agronómica* (6).
- 101- Gliessman, S.R., 1982. Nitrogen Distribution in Several Traditional Agroecosystems in the Humid Tropical Low-Lands of South-Eastern. México. *Plant and Soil* 67(1-3): 105-117.
- 102- Gómez, A. y J. V. Suárez, 1979. Clima y suelo para el cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé* (86).
- 103- González, C.; S. Chala; J. Almaguer y col., 1985. Influencia de la fertilización N, P, K en la producción del café. Resultado preliminar. Quinto Seminario Científico INCA. La Habana: Resúmenes. p 330.
- 104- González, C.; S. Chala; J. Almaguer y col., 1986. Influencia de la fertilización

nitrogenada en el rendimiento y el contenido mineral del cafeto cultivado bajo sombra. Cuarto Seminario Científico Est. Exp. Escambray". Cienfuegos. Resúmenes.

- 105- Grimm, U.; H. W. Fasbender, 1981. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I. Inventario de las reservas orgánicas y minerales. Turrialba 31 (1): 27-37.
- 106- Gross, A. Y 1971. Abonos. Guía práctica de la fertilización. La Habana: Ed. Revolucionaria.
- 107- Guijarro, R., 1983. Investigaciones con relación al régimen nutricional y fertilización del plátano en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos. Tesis de Grado C. Dr. En Ciencias Agrícolas. La Habana: Instituto Nacional de Ciencia Agrícola.
- 108- Guthrie, T. F. and A. Bromke, 1980. Nitrification Inhibition by N-Serve and ATC in soils of Varying Textura. Soil. Sco. Soc. Am. J. 114: 314-320.
- 109- Hadas Aviva; Salas Feigenbaum; A. Feigin et al., 1986a. Nitrogen Mineraliation in Profiles of Diferently Managed Soil Types. Soil Sci. Soc. Am.J. 50 (2) 314-319.
- 110- Hadas Aviva; Salas Feigenbau A. Feigin et al., 1986b. Nitrification- Rates in Profiles of differently Managed Soil Types. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: (3) 633-639.
- 111- Hauck, R. D., 1971. Quantitative Estimates of Nitrogen-Cycle Processes: Concepts and review. In: "Nitrogen-15 in Soil Plant Studies". Proceedings of a Research Coordination Meeting. Sofia, Bulgaria. 1969.
- 112- Hauck, R.D. and K. Reichardt., 1977. Common Standard Field Experiment. Joint FAO/CA/6. S.F.
- 113- Hernández, A.; J.M Pérez; O. Ascanio y col. 1975. II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Serie Suelos #23. Instituto de Suelos. Academia de Ciencias de Cuba.
- 114- Iyengar, B.R.V. and N.A. Awathranami, 1975. Fertilizer use in coffee. The Planter's Chronicle 70 (1): 3-7.
- 115- Jansen, B. H . , 1984. A Simple Method for Calculation and Accumulation of Young Soil Organic Matter. Plant and Soil 76: (1 -3)297-304
- 116- Jones, P.A; J.B. Robinson and J.A.N Wallis, 1969. Fertilizer, Manure and Mulch in Kenya Coffee Growing. Emp. J. Exp. Agric. 28(112) 335-352.

- 117 -Katyal, J.S.; Bijay Singh; U.K. Sharma, et al., 1985. Efficiency of some modified Urea Fertilizers for Wetland Rice grown on a Permeable Soil. *Fertilizer Research* 8: 137-146.
- 118- Korenkov, D.A. ; Rudelev, E.V., 1984. La mineralización-inmovilización del nitrógeno del suelo y el fertilizante. *Agroiiimia (ruso) (II)*: 130-138.
- 119- KrishnamurthyRao and B.R.V. Yyengar, 1975. Leaf Analisis- A diagnostic Tool in Coffee. *Indian Coffee* 39 (6) 175-178
- 120- KrishnamurthyRao, W.; and B.R.V. Yyengar, and C.S. Krishnapa Naik:, 1976. Foliar Sprays of Urea and Superphosphate to Arabica Coffee in South India. *J. Coffee Res.* 6 (1): 22-26.
- 121- KrishnamurthyRao and K.Ramaiah, 1985. An Approach to Rationalised Fertiizer Usage for Coffee. *ASIC- 11 Colloque, Lomé (Togo)* p. 589-598.
- 122- Kumar, O., 1978. Investigations into Some Aspects of High Density Planting of Coffee. *Kenya Coffee* 43 (510): 263-272.
- 123- Kumar, O. ,1979a. Some Aspects of Plant-Water-Relationships in *Coffea Arabica L.* *Kenya Coffee* 44 (517): 15-21.
- 124- Kumar, O., 1979b. Some Aspect of the Physiology of *Coffea Arabica L.*; a Review. *Kenya Coffee* 44 (519) : 9-47.
- 125- Kumar, O. and L.L. Tiezzen, 1976. Some Aspects of Photosynthesis and Related Processes in *Coffea Arabica I* . *Kenya Coffee* 41: 309-315.
- 126- Kupper, A.,1983. Fatores Climáticos e Edáficos na Cultura Cafeeira. En T. Yamada (ed.)"Nutrição e Adubação do Cafeeiro" . Piracicaba (Sao Paulo): Institutos da Potasa (EUA-Suiza).
- 127- Lamb, J.A.; G.A. Peterson; C.R. Fenster, 1985. Wheat Fallow Tillage System's Effect on a Newly Cultivated Grassland Soils Nitrogen Budget. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 352-356.
- 128- Legg, J.O. and F.E. Allison, 1967. A tracer Study of Nitrogen Balance and Residual Nitrogen Availability with 12 Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*31(3): 403-406
- 129- Legg, O.; F.W. Chichester; G. Stanford and W.H. de Mar, 1971. Incorporation of ¹⁵N Tagged Mineral Nitrogen into Stable Forms of Soil Organic Nitrogen. *Soil Soc. Soc. Am. Proc.* 35: 273-276
- 130- López, T, 1984. Estudio sobre balance del nitrógeno de algunos suelos de Cuba.

Tesis C. Dr. En Ciencias Agrícolas. La Habana: I. I. A. M. S.

- 131- Lott, W.L. J. P. Nery; J. R. Gallo, et al. Leaf Analysis Technique in Coffee Research. IBEC-Research Institute Bull, (9).
- 132- Loué. A., 1953. Etude de la nutrition du caféier par la méthode du diagnostic foliaire. Centre de Recherches Agronomiques en Cote d'Ivoire. Bull (8) : 97-156.
- 133- Loué, A., 1953. La nutrition minérale du caféier Robusta et sa fertilisation en Cote d'Ivoire. Fertilité. (5): 27-99.
- 134- Loué, 1962. Etude des carences et deficiences en potassium, calcium et magnesium chez le caféier robusta. Institute Francais du Café et du Cacao. Bull. (4).
- 135- Macduff, J.H. and R.E., White, 1984. Components of the Nitrogen Cycle Measured for Cropped and Grassland Soil-Plant Systems. Plant and Soil 76: 35-47.
- 136- Macduff, J.H. and R.E. White, 1985. Net Mineralization and Nitrification Rates in a Clay Soil Measured and Predicted in Permanent Grassland from Soil Temperature and Moisture Content. Plant and Soil 86(2): 151-172.
- 137- Machado, S.A., 1956. Los fertilizantes para el cafeto y el diagnóstico foliar. Centro Nac. de Invest. del Café de Colombia. Boletín Informativo (7).
- 138- Malavolta, E.; 1971. A meaning for foliar diagnosis. In R.M Samisch (Ed) "Recent Advances in plant Nutrition". Vol. I. Gordon and Breach. Science Publisher. Inc, N. York.
- 139- Malavolta, E. y T. Coury, 1957. Nota sobre aplicação de uréia em pulverização no cafeeiro. Superintendência dos Serviços do Cafe. Boletim32 (362): 14-15.
- 140- Maltsev, V.T., 1985. Utilization of Marked Nitrogen from Various Forms of Fertilizers by Wheat Using Surface and Localized Methods of their Application. Agrochimia (ruso) 6: 3-11.
- 141- Martín, J. R., (1980). Fertilización del cafeto cultivado al sol en suelo Ferralítico Rojo. II. Efecto de la fertilización con N, P, y K: sobre sus contenidos correspondientes en las hojas. I Jornada Científica del I. I. A. "Jorge Dimitrov". Bayamo: Resúmenes p.30.
- 142- Martín, J. R., (1980). Fertilización del cafeto cultivado al sol en suelo Ferralítico Rojo. III. Efecto de la fertilización con N, P, y K: sobre el rendimiento. I Jornada Científica del I. I. A. "Jorge Dimitrov". Bayamo: Resúmenes p.26.
- 143- Martín, J. R., 1913a. Fertilización nitrogenada del cafeto. Cuarto Seminario Científico

- INCA. La Habana: Resúmenes. P.20.
- 144- Martín, J. R., 1983b. Fertilización fosfórica del cafeto. Cuarto Seminario Científico INCA. La Habana: Resúmenes. p. 43.
- 145- Martín, J. R. , 1983c. Fertilización potásica del cafeto. Cuarto Seminario Científico INCA. La Habana: Resúmenes. p.67.
- 146-Matiello, J. B., A. E. Miguel; S. R. de Almeida y col., 1984. Cultivo do café no sistema de plantio adensado. Instrucoes técnicas sobre a cultura do café no Brasil #15. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do café, Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura.
- 147- Maurit. Sug. Ind. Res. Inst, 1980. Annual Report Reduit 1980. p 28-31.
- 148- Maurit. Sug. Ind. Res. Inst, 1981. Annual Report Reduit 1981. p 30-32.
- 149- Maurit. Sug. Ind. Res. Inst, 1982. Annual Report Reduit 1982. p 28-32.
- 150- Medina, N., 1980. Efectos de la acidez del suelo y su enmienda sobre la producción de la caña de azúcar (*Saccharum sp.*) em dos suelos ferralíticos.Tesis C. Dr. Em Ciências Agrícolas. La Habana: Instituto Nacional de Ciências Agrícolas. Cuba.
- 151- Mehiich. A., 1968. Coffee Nutrition and the Possible use of Compound Fertilizers in Kenya. *Kenya Coffee*. 33: 59-63.
- 152- Mestre, M., 1977. Determinación de la rata óptima de fertilización en plantaciones de café sin sombrío. *Cenicafé* 28 (2) :51-60.
- 153- Moraes, F.R.P., 1981. Adubacao do cafeeiro-Macronutrientes e adubacao o orgânica. En T. Yamada (Ed.)" Nutrição e Adubacao do Cafeeiro". Instituto de Potassa Fosfato (E.U.A.) Instituto Internacional de Potassa (Suiza) (Brasil)pp.77-89.
- 154-Moraes, F.R.P., W. Lazzarini; G.da S. Cervellini y col. 1985. Fontes e doses de nitrogênio na adubacao química do cafeeiro em Latossolo Roxo e Podzólico Vermeiho-Amarelo orto. *Bragantia* 44 (1): 1-45.
- 155- Moraes, F.R.P., W. Lazzarini, S.W. de Toledo, et al., 1976. Fontes e dosis de nitrogeno na adubacao química do cafeeiro. I. Latosso roxo transição para latosso vermelho-amarelo orto. *Bragantia* 35: 63-77.
- 156- Muller, L. G., 1959a. Algunas deficiências minerales comunes em el cafeto (*Coffea arábica L.*). *I.I.C.A. Bol. Téc.* (4).
- 157- Muller, L.G., 1959b. La aplicación del diagnóstico foliar en el cafeto (*Coffea arábica L.*) para una mejor fertilización. *Turrialba* 9 (4) : 110-122.

- 158- Muller, L.G.,1966. Coffee Nutrition. In N.F. Childers (Ed.) "Temperate to tropical Fruit Nutrition". Sommerville (N.J.): Sommerset Press, p.685-776.
- 159-Muravin, E., 1982. Balance del N. Conferencias. La Habana : Inst. Nac. de Ciências Agrícolas.
- 160- Myers, M., 1983. The Effect of Plant Residues on Plant Uptake and fertilizer Nitrogen in a Tropical Red Earth Soil. Fertilizer Research 4: 249-256.
- 161- Myers, R.J.K., 1975. Temperature effects on Ammonification and nitrification in a tropical Soil. Soil Biol. Biochem. 7: 83-86.
- 162- Ng Kee Kwong, K.F., J. Deville, 1984. Nitrogen Leaching from Soils Cropped with Sugar Cane under the Humid Tropical Climate of Mauritius, Indian Ocean. J. Environ. Qual. 13: 471-474.
- 163- Ng Kee Kwong, K.F. and J. Deville, 1984. P.C.Cavalot, et al., 1986. Biological Immobilization of fertilizer Nitrogen in Humid Tropical Soils of Mauritius. Soil Sciences. 141 (3): 195-199.
- 164-Oficina del café (Costa Rica.) 1976. Informe Anual de labores 1975. [San José] M.A.G..
- 165- Oficina del café (Costa Rica.) 1977.Informe Anual de labores 1976. [San José] M.A.G.
- 166- Olsen, R.J.: R.F. Hensiers and O.J. Attoe. 1970. Effect of Manure Application, Aeration, and Soil PH on Soil Nitrogen Transformation and on Certain Soil Test Values.Soil Sci.Soc.Am.J.34: 222-225.
- 167- Olson, R.V. and C.W. Swallow, 1984. Fate of Labeled Nitrogen Fertilizer Applied to Winter Wheat for Five Years. Soil Sci. Soc. Am.J.48: 583-586.
- 168-Olson, R.V.: L. S. Murthy; H.C. Moser, M.M., 1979. Fate of Tagged Fertilizer Nitrogen Applied to Winter Wheat. Soil Sci.Soc.Am.J. 43: 973-975.
- 169- Ortíz, M.1960. Épocas adecuadas para la ampliación de fertilización al café en Guatemala.Revista Cafetalera.
- 170- Oruko, B.A., 1977a, Yield Responses of arabica Coffee to Fertilizer in Kenya , a Review Part. I. Kenya Coffee 42(496): 227-239.
- 171- Oruko, B.A., 1977b, Yield Responses of arabica Coffee to Fertilizer in Kenya , a Review Part. II.. Kenya Coffee 42(497-498): 285-293.
- 172- Owens, L. D., 1960. Nitrogen Movement and Transpirations in Soils as Evaluated

- by a Lismeter Study Utilizing Isotopic Nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24:372-376.
- 173-Paneque, V.M., 1977. Utilización de la cachaza y el carbonato de cálcio em el mejoramiento de los suelos gley ferralíticos concrecionarios dedicados al cultivo de la caña de azúcar. Tesis de C.Dr. em Ciências Agrícolas. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- 174- Passioura, J.B.and R. Wetselaar, 1973. Consequences of Banding Nitrogen Fertilizers in Soils. II . Effects on the Growth of Wheat Roots. *Plant and Soil.* 36: 461-473.
- 175- Pereira, J ., 1982. Nitrogen Cycling in South American Savannas. *Plant and Soil* 67(1-3): 293-304.
- 176- Pérez, H., 1982. Fertilización nitrogenada de la caña de azúcar. Tesis C. Dr. Em Ciencias Agrícolas. La Habana: I.N.I.C.A.
- 177- Pomazkina , L., 1985. Cycle and Balance of Nitrogen in Soils of Southern Taiga of Middle Siberia. *Agrojimia (ruso)* (7):16-21.
- 178-Power, J.F., 1968. Mineralization of Nitrogen in Grass Roots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 673-674.
- 179- Power, J.F., and J.O. Legg,1984. Nitrogen – 15 Recovery for five Years After Application of Ammonium Nitrate to Crested Wheargrass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48(2): 322-326.
- 180-Ramaiah, P.K. and D. Venkataramanan, 1985. Growth and Development of Coffee in South Indian Conditions. –A Review. *Journal of Coffee Research*15(1-2): 1-13.
- 181-Reynolds, C.M.; D. C. Wolf and J.A. Armbruster, 1985. Factors Related to Urea Hydrolisis in Soils. *Soil Sci.Soc.Am.J.*49: 104-109.
- 182- Rice, C.W. and M.S. Smith, 1983. Nitrification of fertilizer and Mineralized Ammonium in no-Till and Plowed Soil. *Soil Sci.Am.J.*47: 1125-1129.
- 183-Rivera, R. Contenidos de elementos em el fruto del café y su variación com el desarrollo de la cosecha.*Cultivos Tropicales(em prensas)*
- 184- Rivera, R. y Eólia Treto, 1984. Estudios de aguas lisimetricas em um suelo ferralítico Rojo compactado em caña de azúcar. *Cultivos Tropicales* 6 (4):861-880.
- 185-Rivera, R. y Eólia Treto,1985.Resultados del balance de la fertilización-N em caña planta, var.C 187-68,sobre suelos ferralíticos Rojo compactado, utilizando ^{15}N .

Quinto Seminario Científico del INCA. La Habana: Resúmenes p.300.

- 186- Rivera, R. y J.R. Martín 1979. Efecto de niveles de N, P. y K em C. arabica var. "Mundo Novo" , cultivado al sol sobre fondo fijo de arroyo y compost em la fase fomento. Parte I. Propiedades químicas y químico -físicas del suelo. Ciencia y Técnica em la Agricultura. Serie Café y Cacao 1(2): 55-66.
- 187- Rivera, R. y J. R, Martín, 1980a. Efecto de niveles de N, P,y K en Coffea arabica L. var."Mundo Novo" , cultivado al sol sobre fondo fijo de arroyo y compost em la fase fomento. Parte II. Parâmetros de crecimiento y rendimiento. Ciencia Técnica em la Agricultura. Serie Café y Cacao 2(1): 51-64.
- 188- Rivera, R. y J. R, Martín, 1980b. Efecto de niveles de nitrógeno y potasio em Coffea arabica var. "Mundo Novo" , cultivado al sol sobre fondo fijo de arroyo y compost em la fase fomento. Parte III. Análisis foliar. Ciencia y Técnica em la Agricultura. Serie Café y Cacao 2(1): 65-79.
- 189-- Rivera, R., J. R, Martín, R. Valdés y col.1985. Fertilización de cafeto em producción al sol. (Informe Final del tema 053-12). La Habana: INCA.
- 190-Rivera, R; Margarita García; R. Gómez y col.,1985.Dinámica de nutrientes em caña de azúcar, arroz y papa.(Informe Final del tema 303-07). La Habana: INCA.
- 191- Rivera, R y Ofélia Sam, 1983. Estudio preliminar de la interacción crecimiento vegetativo. Crecimiento del fruto y el estado nutricional em Coffea arabica L. (var. Caturra) a plena exposición solar.Cultivos Tropicales 5(3): 389-406.
- 192-Robinson, J.B.D., 1960. Nitrogen Studens in Coffee Soil. I. Seasonal Trends of Natural Soil Nitrate and Ammonium in relation to Growth, Soil Moisture and Rainfall. J. Agricultural Sciences 55(3): 333-350.
- 193- Robinson, J.B.D., 1961a. Nitrogen Studens in a Coffee Soil. II. The Influence of Mulch on Natural and fertilizer Levels of Nitrate and Ammonia in the Top- Soil. J. Afric. Sci. (56 (1): 49-59.
- 194- - Robinson, J.B.D., 1961b. Nitrogen Studens in a Coffee Soil. III. The Comparative Efficiency of Ammonium Sulphate and Urea Fertilizers in the Presence and Absence of an Organic Mulch Measured in Terms of Crop Yield. J.Agric Sci. 56 (1): 61-64.
- 195- Robinson, J.B.D., 1961c. Mineral Nutrition of Coffee. Preliminary Results with Leaf Analysis Technique. East. Afr. Agric. For. J.27: 1-9.

- 196- Robinson, J.B.D., 1969. Effects of Environment and Cultural Conditions on Nitrogen and Phosphorus in Coffee Leaves. *Exp. Agric.* 5: 301-309.
- 197- Robinson, J.B.D., 1969b. Effects of Environment and Cultural Conditions on Potassium, Calcium and Magnesium in Coffee Leaves. *Exp. Agric.* 5: 311-326.
- 198- Robinson, J.B.D. and J.A.N. Wallis, 1959. Recommendations for the Application of Cattle Manure to Coffee. *Kenya Coffee* 24 (288): 488-489.
- 199-Rodriguez, F., E.Camejo y Maritza Rodriguez y col., 1987. Informe de Etapa. "Resultado 003-04-07". Stgo. de Cuba: E.C.I.C.C.
- 200-Rojas, O., 1987. Zonificación agroecológica para el cultivo del café (*Coffea arábica*) en Costa Rica. I.I.C.A. Doc. A1/OCR-87-007. Costa Rica.
- 201- Rolston, D.E.; A.N. Sharpley; D.W.Toy et al .. 1982. Field Measurement of Denitrification. III. Rates During Irrigation Cycles. *Soil Sci. Am. J.* 46: (2) 289-296.
- 202- Romero, Maria R. y Caridad Pérez, 1983. Momento de aplicación del fertilizante nitrogenado en el arroz mediante el uso del ^{15}N . IMIFAT Reporte de investigación (13).
- 203-Roskoski, J.P., 1982. Nitrogen Fixation in a Mexican Coffee Plantation. *Plant and Soil* 67(1-3): 283-291.
- 204-Roswall, T., 1982. Microbiological Regulation of the Biogeochemical Nitrogen Cycle. *Fertilizer Research* 67(1-3): 15-34.
- 205- Roswall, T. and K. Paustian, 1984. Cycling of Nitrogen in Modern Agricultural Systems. *Plant and Soil* 76(1-3): 3-21.
- 206-Rusche, P.A.; P.B. Vose, 1982. Nitrogen Cycling in Sugar Cane. *Plant and Soil* 63 (1-3): 139-146.
- 207- Ryden, J.C. and L.D. Lund, 1980. Nature and Extent of Directly Measured Denitrification Losses From Some Irrigated Vegetable Crop Production Units. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44(3): 505-511.
- 208- Sabey, B.W. Bartholomew and R. Shaw et al., 1956. Influence of Temperature on Nitrification in Soils. *Soils Sci. Soc. Am. Proc.* 20: (3) 357-360.
- 209- Sabey, B.R., 1968. The Influence of Nitrification Suppressants on the Rate of Ammonium Oxidation in Midwestern. U.S.A. Field Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 675-679.
- 210- Santana. M. B. M. and R. P. Cabala, 1981. dynamics of nitrogen in

- a Shaded Cacao Plantation. *Plant and Soil* 67 (1-3): 271-281.
- 211- Santinato, R. Y Col, 1984. calagem en cafesais. Instrucoes tenicas sobre a cultura do café no brasil # 17. Río de Janeiro: Instituto Brasileiro do café. Grupo executivo de racionalizacao de cafeiculturao.
- 212- Senger von, D; 1974. Three tons/acre in kilimanjaro. *Kenya Coffee* 39: 35-36.
- 213- Sextone, A. J: T. B Prking and J. M. Tiedje, 1985. Temporal response of soil denitrification rates to rainfall and irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 99-103.
- 214- Shabaev, V. P, 1986. The effect of cropping and fertilizer nitrogen rates on nitrogen balance in soil. *Plant and Soil.* 91: 249-256.
- 215- Shabaev, V.P: I.N.Saidov y V.N. Kuderyarov, 1985. Inclusión del Fertilizante °N em lãs Fracciones de la matéria orgánica del suelo gris forestal em dependencia de la dosis de fertilizante nitrogenado. *Agrojimia (ruso).* (2): 9-12.
- 216- Smith, J.H. and C.L. Douglas, 1971. Wheat Straw, Descomposition in the Field. *Soil. Soc. Am. Proc.* 35: 269-272.
- 217- Smith, J.J. and J.F. Power, 1985. Residual Forms of Fertilizer Nitrogen in a Grassland Soil. *Soil Science* 140: (5) 362-367.
- 218- Snedecor, G. y G. Cochran, 1971. Mtodos Estadísticos. Mxico. Ed. CENSA.
- 219- Snoeck, J., 1980. Evolurion du Chimisme du sol dans des essais d` engrais minraux sur Coffea canephora en Cote d'Ivoire. *Caf, Cacao, The* 24(3): 177-188.
- 220- Snoeck, J., 1981. Factores del rendimiento influído por lãs aportaciones de N en el caso del cafeto Robusta, em Costa de Marfil. *Caf, Cacao, The* 25(3): 173-180.
- 221- Snoeck, J., 1984. Metodologia de lãs investigaciones acerca de la fertilización mineral del cafeto Robusta en Cosat de Marfil. Análisis del suelo para el estudio de las necesidades en fertilizante minerales. *Caf. Cacao. The* 29(4): 267-278.
- 222- Snoeck, J. et P. Ducea, 1978. Essais d' engrais minraux sur Coffea canephora en Cote d' Ivoire: production et rentabilit. *Caf. Cacao. The* 22(4): 285-302.
- 223- Snoeck, J. y Ph. de Reffye, 1980. Influencia de los fertilizantes respecto a la arquitectura y el crecimiento del caf Robusta. *Caf, Cacao. The* 24(4): 259-266.
- 224- Snoeck, J. et R. Lotode, 1985. Metodologie des recherches sur la fertilization minrale du cafeier Robusta en Cote d'Ivoire. Schemas experimentaux. *Onceno Coloquio Científico Internacional del Caf. ASIC-Lome (Togo):* 563-573.
- 225- Snoeck, P.; K. Goran y J. Snoeck, 1986. A Study of the Forms of Potassium on the

- Foliar Chemism in Robusta Coffee Trees in the Ivory Coast. Influence of Chlorine. *Caf, Cacao, The* 30(1): 37-50.
- 226- Soc. Cub. de la Ciencia del Suelo. 1987. Taller sobre "Problemas actuales del nitrógeno en la Agricultura".Acuerdos. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- 227- Soto, F. Y R.Rivera, 1979. Estudio de la correlación entre algunos parámetros de crecimiento del Coffea arábica L. var. "Mundo Novo". *Ciencia y Técnica en la Agricultura Serie Café y Cacao*. 1(1-2): 47-53.
- 228- Stanford, G.; M.H. Frere and O.M. Shawaninger, 1973. Temperature Coefficient of Soil Nitrogen Mineralization. *Soil Science*. 115(4): 321-323.
- 229- Stanford, G. and E. Epstein, 1974. Nitrogen Mineralization- Water Relation in Soils. *Soil Sci.Soc. Am. Proc.* 38:103- 107.
- 230- Stevenson. F .J.; 1970. Nitrógeno del suelo. En V. Sauchelli (Ed.) "Química y tecnología de los abonos nitrogenados". Barcelona: Ariel.
- 231- Stewart, B.A.; L.K. Porter and D.D. Johnson, 1963. Immobiluization and Mineralization of Nitrogen in Several Organic Fractions of Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27: (3)-302-304.
- 232- Strelnikova, R.A.; 1983. Influencia de los períodos de aplicación de los fertilizantes nitrogenados sobre la utilización del N, su balance y la microflora del suelo en presencia del cultivo de la festuca en prados de suelo dernovo-podsólico. *Agrojimia(ruso)* (8): 26-34.
- 233- Suárez, S. y I.F. Carrillo, 1976. Descomposición biológica de leguminosa y otros materiales de la zona cafetalera colombiana. *Cenicafe* 27(2): 67-77.
- 234- Sumner M.E.,1979. Interpretation of foliar Analysis for Diagnostic Purposes. *Agronomy Journal* 71(2): 343-348.
- 235- Takahashi, D.T., 1964. ¹⁵N-Nitrgen Field Studies with Sugar Cane. *The Hawaian Planter's Record* 57: (2) 198-222.
- 236- Takahashi, D.T., 1967. Fate of Applied Fertilizer Nitrogen as Determined by the Use of ¹⁵N. I. Summer and Fall Plant and Ratoon Crops on the Hamakua Coast of Hawaii. *The Hawaian Planter's Record*. 57(3): 237-260.
- 237- Terman, C.L.and M.A.Brown, 1968. Uptake of Fertilizer and Soil Nitrogen by Ryegrass, as Affected by Carbonaceous Residues.*Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:86-

90.

- 238- Tesha, A.J. and D. Kumar, 1970. Nitrogen and Zinc Increasing Drought Resisting Capacity of Coffee. *Kenya Coffee* 41: 227-228.
- 239- Tesha, A.J. and D. Kumar, 1978. Some Aspects of Stomatal Behaviour in *Coffea Arabica* L. I. Effects of Soil Moisture. Soil Nitrogen and Potassium and Air Humidity. *Kenya Coffee* 43(512): 339-344.
- 240- Tiedje, J.M.; A.J.; Sextone; T.B. Parkin, et al. 1984. Anaerobic Processes in Soil. *Plant and Soil* 76: 197-812.
- 241- Treto, Eolia, 1982a. Curso de Postgrado de Agroquímica. Conferencias. La Habana: INCA.
- 242- Treto, Eolia, 1982b. Influencia de aplicaciones de cachaza a la piña cultivada en un suelo ferralítico Rojo compactado. I Efecto sobre algunas características químicas del suelo. *Cultivos Tropicales* 4(2): 197-208.
- 243- Treto, Eolia, 1982c. Influencia de aplicaciones de cachaza en un suelo ferralítico Rojo compactado. II Efecto sobre la nutrición y la producción alcanzadas por las plantas. *Cultivos Tropicales* 4(2): 209-217.
- 244- Trierweiler, J.F. and B.L. Bishop, 1983. Estimated NH₃-Volatilization Losses from Surface Applied Urea on a wet Calcareous Vertisol. *Fertilizer Research*. 4: 271-280.
- 245- Tyler, K.B. and F.E. Broadbent. 1958. Nitrogen-Uptake by Ryegrass From three Tagged Ammonium Fertilizer. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 20: 213-218.
- 246- Uribe, A., 1983. Efecto del fósforo en la producción de café. *Cenicafé* 34(1): 3-15.
- 247- Uribe, H. y M. Mestre. 1976. Efecto del nitrógeno, el fósforo y el potasio sobre la producción de café. *Cenicafé* 27(4): 158-173.
- 248- Uribe, A. y M. Mestre. 1980. Efecto de la densidad de plantación (población) y el sistema de manejo sobre la producción del café. *Cenicafé* 31(1): 29-51.
- 249- Uribe, A. y N. Salazar, 1981. Distancias de siembra y dosis de fertilizante en la producción de café. *Cenicafé* 32(3): 88-105.
- 250- Uribe, A. y N. Salazar, 1983. Influencia de la pulpa del café en la producción del cafeto. *Cenicafé* 34(2):44-58.
- 251- Valdivia, S., 1982. Nitrogen Gains and Losses in Sugar Cane (*Saccharum* sp.) Agrosystems on the Coast of Perú. *Plant and Soil* 67(1-3): 147-156.

- 252- Valencia, G., 1973. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del cafeto. *Cenicafé* 24(4): 79-89.
- 253- Valencia, G.; A. Gómez y C. Bravo, 1975. Efecto de diferentes portadores de nitrógeno en el desarrollo del cafeto y en la fertilidad de los suelos. *Cenicafé* 26(3): 131-142.
- 254- Valencia, G. e I. F. Carrillo, 1983. Interpretación del análisis de suelo para café. *Avances Técnicos Cenicafé* (15).
- 255- Valencia, G. y P. Arcila, 1977. Efecto de la fertilización con N; P y K a tres niveles en la composición mineral de las hojas del cafeto. *Cenicafé* 28(4): 119-138.
- 256- Veen, J. A. van, 1984. Modelling C and N Turnover the Microbial Biomass in Soil. *Plant and soil* 76: (1-3) 257- 274.
- 257- Villalobos, E. y F. Carvajal, 1977. La actividad de la reductasa del nitrato como guía de la fertilización nitrogenada de cinco especies agrícolas. *Agron. Costarr.* 1(1): 57-63.
- 258- Velazco, Ana; F. Fernández y R. Rivera, 1987. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la microflora edáfica de un suelo Ferralítico Rojo compactado cultivado con café y caña de azúcar. *Sexto Seminario científico INCA. La Habana: Resúmenes* p. 26
- 259- Vose, P. B. 1980. Introduction to Nuclear Technique. In *Agronomy and Plant Biology*. New York: Pergamon Press Ltd. U.S.A.
- 260- Westerman, R.L and L. T. Kurtz, 1973. Priming Effect of ¹⁵N labelled Fertilizers on Soil Nitrogen in Field Experiments. *Soil Sci.Soc. Am. Proc.* 37: 725-727.
- 261- Westerman, R.L. and C. T. Kurtz, 1974. Isotopic and non Isotopic Estimations of Fertilizers Nitrogen Uptake by Sudangrass in Field Experiments. *Soil Sci Soc. Am. Proc.* 38: 107-109.
- 262- Wineringham, F. P., 1980. Nitrogen Balance and Related Studies: A global Review. In "Soil Nitrogen as Fertilizers or Pollutant" IAEA-FAO.
- 263- Wormer, T. M., 1965. Algunos problemas fisiológicos del cultivo del café en Kenya. *Café* 6: 1-20.
- 264- Wormer, T. M., and J. Guituanja, 1970. Seasonal Patterns of Growth and Development of arabica Coffee in Kenya. Part II. Flower Initiation and

Differentiation in Coffee. 35:270-277.

265- Yu. H., 1984. A study of the Cause of Die-back in Coffee Trees. Chinese Journal of Tropical Crops. 5 (1): 93-104.

266- Zamyatina, U. B., 1971. Nitrogen Balance Studies Using ¹⁵ N-Labelled Fertilizers. In: "Nitrogen-15 in Soil Plant Studies ". Proceedings of a Reserarch Coordination Meeting. Sofia, Bulgaria. Sept., 1969.

Anexo 1.- Definición y abreviaturas de diferentes términos utilizados en el texto, tablas y figuras de la Tesis.

at.% ^{15}N (% ^{15}N).- porcentaje de átomos de ^{15}N , que se encuentran en una muestra.

at.% ^{15}N exc. (% ^{15}N exc.). - porcentaje de átomos de ^{15}N en exceso, que se encuentran en una muestra, con relación a una abundancia natural del isótopo ^{15}N de 0,364 at. % ^{15}N .

$$\text{at. \% } ^{15}\text{N exc.} = \text{at. \% } ^{15}\text{N muestra} - 0,364 \%$$

% Nddf.- porcentaje de nitrógeno derivado del fertilizante, el cual se calcula como:

$$\frac{\text{at. \% } ^{15}\text{N exc. (muestra)}}{\text{at. \% } ^{15}\text{N exc. fertilizante}} \times 100$$

expto(s). - experimento(s).

Fertilizante-N.- fertilizante nitrogenado.

N-fertilizante.- nitrógeno del fertilizante.

N-suelo.- nitrógeno del suelo.

t. c. cereza/ha - toneladas de café cereza/ha.

t. c. oro/ha - toneladas de café oro/ha.

t $\frac{1}{2}$.- tiempo de vida media.

H.R.P.F.A. Marzo - hojas de ramas primarias fructíferas existentes antes de la aplicación de N de marzo

H.R.P.F. 2^{do} par - hojas del 2^{do} par, de ramas primarias fructíferas.

H.R.S. y Copa 2^{do} par - hojas del 2^{do} par, de ramas secundarias y de la copa.

Anexo 2.- Dinámica de los microorganismos en el suelo, a diferentes profundidades con relación a la aplicación de $CO(NH)_2$ (12/11/86), en el tratamiento N-5000 plantas/ha del experimento 3. (Ana Velazco, F. Fernandez y R.Rivera, 1987).

- Bacterias totales (cel./g suelo).

Profundidad de muestreo	28/10/86	21/11/86	12/12/86	18/12/86	6/1/87
Superficial	70×10^4	20×10^6	18×10^7	23×10^6	16×10^6
0-20 cm	65×10^6	15×10^6	11×10^7	5×10^6	7×10^6
20-40 cm	10×10^6	31×10^6	25×10^6	11×10^6	84×10^6
40-60 cm	10×10^6	3×10^6	10×10^6	25×10^5	45×10^5
60-80 cm	63×10^6	15×10^5	15×10^6	40×10^5	10×10^5
80-100 cm	5×10^6	2×10^5	61×10^6	25×10^5	22×10^5

- Hongos totales (cel./g suelo).

Profundidad de muestreo	28/10/86	21/11/86	12/12/86	18/12/86	6/1/87
Superficial	2×10^5	3×10^5	9×10^4	3×10^4	1×10^4
0-20 cm	1×10^5	2×10^5	1×10^4	15×10^4	6×10^4
20-40 cm	4×10^5	2×10^4	3×10^4	32×10^4	22×10^4
40-60 cm	10×10^5	11×10^4	3×10^4	50×10^4	26×10^4
60-80 cm	5×10^5	5×10^4	3×10^4	10×10^4	22×10^4
80-100 cm	3×10^4	5×10^4	12×10^4	3×10^4	20×10^4

- Actinomicetos totales (cel./g suelo).

Profundidad de muestreo	28/10/86	21/11/86	12/12/86	18/12/86	6/1/87
Superficial	7×10^6	1×10^5	1×10^5	13×10^5	39×10^5
0-20 cm	12×10^6	6×10^5	29×10^5	20×10^5	41×10^5
20-40 cm	10×10^6	2×10^5	60×10^5	26×10^5	69×10^5
40-60 cm	10×10^6	3×10^5	70×10^5	19×10^5	35×10^5
60-80 cm	7×10^6	5×10^5	16×10^5	16×10^5	11×10^5
80-100 cm	1×10^6	6×10^5	16×10^5	7×10^5	14×10^5

- Nitro fijadores (cel./g suelo).

Profundidad de muestreo	28/10/86	21/11/86	12/12/86	18/12/86	6/1/87
Superficial	140×10^3	140×10^3	140×10^3	20×10^1	140×10^2
0-20 cm	140×10^3	140×10^3	140×10^3	30×10^1	15×10^2
20-40 cm	140×10^3	140×10^3	140×10^3	10×10^1	3×10^1
40-60 cm	140×10^3	110×10^2	140×10^2	10×10^1	1×10^1
60-80 cm	110×10^3	25×10^1	25×10^2	5×10^1	3×10^1
80-100 cm	140×10^3	15×10^1	140×10^1	3×10^1	4×10^1

- Amonio oxidantes (cel./g suelo).

Profundidad de muestreo	28/10/86	21/11/86	12/12/86	18/12/86	6/1/87
Superficial	140×10^3	140×10^2	4×10^2	6×10^1	2×10^1
0-20 cm	140×10^3	45×10^1	3×10^2	12×10^2	10×10^2
20-40 cm	140×10^3	140×10^2	7×10^2	1×10^1	3×10^2
40-60 cm	140×10^3	15×10^2	140×10^2	4×10^2	6×10^2
60-80 cm	140×10^3	15×10^2	140×10^2	2×10^2	3×10^2
80-100 cm	140×10^3	3×10^1	110×10^1	140×10^2	10×10^2

- Nitrito oxidante (cel./g suelo).

Profundidad de muestreo	28/10/86	21/11/86	12/12/86	18/12/86	6/1/87
Superficial	45×10^1	140×10^2	11×10^1	140×10^2	110×10^2
0-20 cm	3×10^1	4×10^2	3×10^1	140×10^2	110×10^2
20-40 cm	5×10^1	110×10^2	7×10^1	140×10^2	140×10^2
40-60 cm	3×10^1	110×10^2	4×10^2	140×10^2	140×10^2
60-80 cm	3×10^1	140×10^2	4×10^2	140×10^2	140×10^2
80-100 cm	3×10^1	110×10^2	3×10^2	140×10^2	140×10^2

- Desnitrificantes (cel./g suelo).

Profundidad de muestreo	28/10/86	21/11/86	12/12/86	18/12/86	6/1/87
Superficial	20×10^1	20×10^1	4×10^1	4×10^1	6×10^1
0-20 cm	20×10^1	20×10^2	20×10^1	15×10^1	20×10^1
20-40 cm	30×10^1	110×10^2	15×10^2	15×10^2	15×10^2
40-60 cm	110×10^1	20×10^2	20×10^2	20×10^2	5×10^2
60-80 cm	110×10^1	110×10^2	45×10^2	45×10^2	110×10^2
80-100 cm	110×10^1	110×10^2	45×10^2	45×10^2	110×10^2

Anexo 3.- Organismos nitro fijadores y actividad de reducción del acetileno (ARA) en la hojarasca del café, en el tratamiento N-5000 plantas/ha del experimento 3. (Ana Velasco, F. Fernández y R. Rivera, 1987)

	Octubre/1986	Enero/1987	Junio/1987
- Nitro fijadores (M.H.P.)	140×10^2	140×10^2	140×10^2
- Azotobacter (conteo en placas)	6×10^2	6×10^2	9×10^2
- A.R.A. (n moles/gh)	-----	2,03	5,008

Anexo 4.-Bases para la estimación de las pérdidas potenciales* N-suelo.

A partir de los contenidos de N en el perfil del suelo (tabla 31) y suponiendo una velocidad de mineralización de 1,5 % anual (Gross, 1971) en los primeros 60 cm y 0,75 en los restantes 30 cm hasta 90 cm de profundidad, se estimó en 150 kg N/ha el N-suelo mineralizado anualmente en el perfil de 0-90 cm. Se consideró como pérdidas potenciales N-suelo:

Pérdidas potenciales = N mineralizado anualmente - N-suelo absorbido por las plantas.

	sept. 1982	nov. 1983	nov. 1984	mar. 1986
Pérdidas N-suelo** (kg N/ha)		-124	-110	-147

* Se utilizó el término "pérdida potencial" ya que no se consideró que ningún porcentaje del N-mineralizado del suelo fuese inmovilizado.

** En todos los casos, los valores estimados corresponden al periodo de tiempo enmarcado entre la fecha anterior y la fecha en cuestión.