

**ABSORCION DEL NITROGENO CONTENIDO EN EL AGUA
RESIDUAL DEPURADA Y SU INFLUENCIA EN EL
RENDIMIENTO**

Por

V. PEREZ GARCIA, D. GONZALEZ DE CHAVEZ ROJO y
E. IGLESIAS GIMENEZ



PUBLICADO EN
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA
TOMO XLVII - NUMEROS 9-10 - MADRID 1988

ABSORCION DEL NITROGENO CONTENIDO EN EL AGUA RESIDUAL DEPURADA Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO

Por

V. PEREZ GARCIA, D. GONZALEZ DE CHAVEZ ROJO y
E. IGLESIAS GIMENEZ.

SUMMARY

NITROGEN ABSORPTION FROM WASTEWATER AND ITS INFLUENCE ON PLANT YIELD

The negative water balance in the Canary Islands makes it necessary to recycle for agricultural treated wastewater.

This paper studies the absorption by the plant of the N content of the treated wastewater and the effect on yield in comparison with mineral fertilizers dissolved in distilled water in a quantity equivalent to the content of the water under study.

In the conditions of our assay and taking into account the greater irrigation dose, the yield results as dry matter weight and % N absorbed by the plants, never were significantly lower than those obtained with equivalent dose of mineral fertilizers though the N concentration in the treated wastewater were not sufficient to provide enough N to the culture.

INTRODUCCION

Las Islas Canarias se encuentran entre las zonas que presentan un balance hídrico negativo. Uno de los recursos hidráulicos más importantes con que cuenta la Isla de Tenerife lo constituye el caudal de agua depurada de las distintas plantas depuradoras de aguas residuales de la isla, fundamentalmente la Estación Depuradora de Santa Cruz de Tenerife, diseñada para una capacidad de 90.000 m³/día.

Este importante caudal podría paliar en parte los graves problemas de escasez de las amplias zonas cultivadas del sur de la isla. Esta reutilización de efluentes de depuradoras de aguas residuales ha adquirido un fuerte desarrollo en los últimos tiempos debido principalmente a la posibilidad de proporcionar agua y nutrientes asimilables por las plantas.

El principal objetivo del presente trabajo es estudiar, mediante una experiencia controlada, el poder de cesión del nitrógeno contenido en el agua depurada en comparación con un fertilizante nitrogenado en solución y de acuerdo con los análisis de planta y resultados de cosecha

evaluar, de forma relativa, la capacidad fertilizante que presentan estas aguas.

MATERIAL Y METODOS

Diseño experimental

El material utilizado en la experiencia lo constituye el agua residual depurada procedente de la Depuradora Municipal de Santa Cruz de Tenerife y un suelo ferralítico con características ándicas en superficie (E. FERNANDEZ CALDAS y cols., 1982) procedente de La Esperanza (Tenerife) y cuyas características físico-químicas se señalan en la Tabla I. El estudio de la mineralogía de arcillas por Rayos X y análisis térmico, indica un predominio de haloisita con pequeñas cantidades de illita. Existen asimismo cantidades importantes de oxi-hidróxidos de hierro y aluminio amorfos y cristalinos, destacando entre los últimos la gibsita. Estos suelos se corresponden por sus características a los utilizados en la fabricación de las "sorribas" muy generalizadas en la islas. El suelo es secado al aire y tamizado por malla de 4 mm. El análisis granulométrico dio como resultado lo siguiente: arcilla 40,7%, limo 34,1% y arena 25,2%, que se corresponde a un suelo franco-arcilloso.

El material vegetal elegido es el "Rye-Grass" (*Lolium Perenne* L.) planta utilizada generalmente en este tipo de experiencias por su capacidad de brotar después de sucesivos cortes (CHAMINADE, R., 1964). Esta característica nos permite realizar un seguimiento, a lo largo del tiempo, de la absorción de nutrientes por la planta y poder así obtener datos analíticos y de rendimiento intermedios.

La experiencia de fertilidad se llevó a cabo empleando macetas de material plástico de 3,5 L. de capacidad, con drenaje y dispositivo para recoger las posibles pérdidas por percolación. Todas las macetas fueron llenas con 3 Kg. de suelo seco al aire y tamizado por malla de 4 mm., las cuales fueron cubiertas, antes de la siembra, con una capa fina de arena de cuarzo lavada (50 gr.) con una granulometría inferior a 2 mm. Sobre esta capa de arena se llevó a cabo la siembra a razón de 1.000 semillas de "Rye-Grass" por maceta, con un índice de germinación del 82,1%. Una vez realizada la siembra, se cubrieron las semillas con otra capa de arena (150 gr.) para facilitar la germinación y enraizamiento y evitar la posible desecación de las mismas. Todas las semillas, previo a la siembra, permanecieron en agua destilada por espacio de 24 horas a 20 °C.

A cada maceta sembrada, se adicionó cuidadosamente 400 cc de agua destilada y se situaron sobre una unidad de enraizamiento automatizada que intermitentemente producía una nebulación de agua con el objeto de mantener la humedad suficiente para facilitar la germinación de las semillas y evitar la compactación del suelo. Una vez que las semillas germinaron y las plántulas emergieron, se colocaron las macetas en otra zona del invernadero y se dispusieron según un diseño de bloques de parcelas al azar, con cinco repeticiones por tratamiento, totalizando en conjunto 45 macetas.

TABLA I
Características físico - químicas del suelo

	Extracto Saturado (meq/L)	Ext. Ac NH ₄ pH 7
pH (Ext. Sat.)	6,50	6,30
C. E. (mmhos/cm 25 °C)	1,00	1,97
% SAT	54,40	0,87
CaCO ₃ (%)	1,30	0,82
M. O. osd. (%)	2,65	
C. oxd. (%)	1,54	
P ₂ O ₅ (ppm)	46	
K ₂ O (ppm)	386	
Ni (ppm)	53	
C. T. C. (meq/100 g)	27,61	
	Ca ⁺⁺	Ca ⁺⁺
	Mg ⁺⁺	Mg ⁺⁺
	Na ⁺	Na ⁺
	K ⁺	K ⁺
	CO ₃	
	HCO ₃	
	Cl ⁻	
	SO ₄	

P₂O₅ - MET. OLSEN.
K₂O - Ext. Ac. NH₄ . pH . 7.

Según el diseño mencionado, se ensayaron cuatro tratamientos con agua depurada (D1, D2, D3 y D4) equivalentes respectivamente a 1, 2, 3 y 4 riegos por períodos de 28 días, utilizándose en cada riego 300 cc. de agua depurada por maceta. Además se establecieron 4 tratamientos con fertilizante mineral (M1, M2, M3 y M4) que se corresponden respectivamente con el contenido de N del agua depurada utilizada en el riego. La fertilización mineral se realizó empleando $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Igualmente se contempló la fertilización con P y K en las mismas cantidades aplicadas en el agua depurada.

Previamente a cada riego, se realizó el análisis del agua depurada para determinar cuantitativamente las dosis de fertilizante correspondientes a aplicar por maceta. Las cantidades de fertilizantes establecidas de esta manera se disolvieron, previamente a cada riego, en 300 cc. de agua destilada. En la Tabla II se indica la composición analítica del agua depurada utilizada en cada riego (Tratamientos "D"). En la Tabla III se señalan las dosis de fertilizantes minerales empleadas por maceta en los respectivos riegos (Tratamientos "M").

Periódicamente, teniendo en cuenta la intensidad de evapotranspiración, todas las macetas fueron regadas con iguales cantidades de agua destilada, de tal manera que la humedad del suelo se mantuviese aproximadamente en su capacidad de campo.

Finalmente un tratamiento al que solo se le aplicó agua destilada durante todo el ensayo, se empleó como testigo (T). En la Tabla IV, se indica el plan sistemático de riegos realizado durante todo el ensayo. El material vegetal se recolectó mensualmente realizándose un total de cinco recogidas de parte aérea, obteniéndose un total de 225 muestras.

Técnicas analíticas

a) Suelos

Preparación de la muestra.—Los suelos se secan al aire y se tamizan por malla de 2 mm.

pH.—Suspensión suelo: agua 1:2,5. Se deja en reposo 10 minutos, se agita intermitentemente y se mide en un pH metro CRISON 501.

Extracto saturado.—Método del United States Salinity Laboratory Staff (1954). Conductividad eléctrica (mmhos/cm, 25 °C). Se mide en el extracto saturado empleando un conductímetro CRISON 522.

Materia Orgánica.—Método de Walkley y Black modificado por el Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos (1973).

Cationes solubles.—Determinación en el extracto saturado por espectrofotometría de absorción atómica.

Aniones solubles.—Métodos del United States Salinity Laboratory Staff (1954).

Capacidad Total de Cambio.—Método del United Salinity Laboratory Staff (1954).

Nitrógeno Total.—Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos (1973).

Fósforo Asimilable.—Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos (1981).

TABLA II

Composición analítica del agua depurada utilizada en cada riego.

Días de riego	PARAMETROS									
	P (mg/l)	K (mg/l)	N (mg/l)	Na (mg/l)	pH	Cl ⁻ (mg/l)	C.E. (uS/cm)	TAC (°f)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
18	6,4	21,50	24,6	8,77	7,3	420	1 780	24,0	32,0	34,0
25	5,85	16,42	36,3	11,17	7,3	576	2 300	28,6	30,4	47,6
32	6,87	19,55	32,9	10,15	7,3	550	2 170	26,0	24,4	46,6
39	11,62	27,30	40,5	10,60	7,6	500	1 408	30,8	25,6	44,7
46	11,82	23,85	43,0	10,52	7,0	495	2 210	28,8	22,4	46,6
53	11,82	23,85	43,0	10,52	7,0	495	2 210	28,8	22,4	46,6
60	11,82	23,85	43,0	10,52	7,0	495	2 210	28,8	22,4	46,6
67	11,30	29,32	40,3	9,68	7,1	435	1 850	26,4	25,6	33,0
74	11,30	29,32	40,3	9,68	7,1	435	1 850	26,4	25,6	33,0
81	11,82	29,32	40,5	10,52	7,2	430	1 790	26,4	25,5	30,6
88	11,82	29,32	40,5	10,52	7,2	430	1 790	26,4	25,5	30,6
95	13,50	18,10	43,5	7,96	7,6	234	1 380	30,4	22,4	25,3
102	13,50	18,10	43,5	7,96	7,6	234	1 380	30,4	22,4	25,3
109	13,50	18,10	43,5	7,96	7,6	234	1 380	30,4	22,4	25,3
116	19,90	19,94	50,6	7,19	7,3	192	1 401	23,0	12,8	27,2
123	19,90	19,94	50,6	7,19	7,3	192	1 401	23,0	12,8	27,2
130	18,60	23,10	45,4	7,61	7,1	178	1 436	31,4	16,0	26,2
137	18,60	23,10	45,4	7,61	7,1	178	1 436	31,4	16,0	26,2
144	18,60	23,10	45,4	7,61	7,1	178	1 436	31,4	16,0	26,2

TABLA III

Dosis de fertilizante mineral empleados en cada riego

Riego n.º	mg. N	mg. P	mg. K	Corte n.º	Días de riego
1º	7,38	1,92	6,45		18
2º	11,03	1,76	4,92	1º	25
3º	12,15	3,49	8,19		32
4º	11,76	2,06	5,87		39
5º	12,90	3,55	7,15		46
6º	12,90	3,55	7,15	2º	53
7º	12,90	3,55	7,15		60
8º	12,09	3,39	8,80		67
9º	12,09	3,39	8,80		74
10º	12,15	3,55	8,80	3º	81
11º	12,15	3,55	8,80		88
12º	13,05	4,05	5,43		95
13º	13,05	4,05	5,43		102
14º	13,05	4,05	5,43		109
15º	15,18	5,97	5,98	4º	116
16º	15,18	5,97	5,98		123
17º	13,62	5,58	6,93		130
18º	13,62	5,58	6,93		137
19º	13,62	5,58	6,93	5º	145

b) Agua Residual Depurada

pH.—pH metro CRISON 505.

Conductividad eléctrica (micromhos/cm. 25 °C).—Conductímetro CRISON 525.

Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ y K⁺.—Espectrofotometría de Absorción Atómica.N - NH₄⁺.—Colorimetría por el método de nesslerización directa (RODIER, J., 1981).N - NO₃⁻.—Método colorimétrico del salicilato sódico (RODIER, J., 1981).P - PO₄³⁻.—Determinación colorimétrica con molibdato amónico y ácido ascórbico (RODIER, J., 1981).

TABLA IV
Plan sistemático de riegos

Tratamientos	DIAS DE RIEGOS																	
	18	25	32	39	46	53	60	74	81	88	95	102	109	116	123	130	137	144
T	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT
M1	FM	DT	DT	DT	FM	DT	DT	DT	FM	DT	DT	DT	FM	DT	DT	DT	FM	DT
M2	FM	DT	FM	DT	FM	DT	FM	DT	FM	DT	FM	DT	FM	DT	FM	DT	FM	DT
M3	FM	FM	FM	DT	FM	FM	FM	DT	FM	FM	FM	DT	FM	FM	FM	DT	FM	FM
M4	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM
D1	DP	DT	DT	DT	DP	DT	DT	DT	DP	DT	DT	DT	DP	DT	DT	DT	DP	DT
D2	DP	DT	DP	DT	DP	DT	DP	DT	DP	DT	DP	DT	DP	DT	DP	DT	DP	DT
D3	DP	DP	DP	DT	DP	DP	DP	DT	DP	DP	DP	DT	DP	DP	DP	DT	DP	DP
D4	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP

DT = AGUA DESTILADA.

FM = AGUA DESTILADA CON FERTILIZANTE MINERAL.

DP = AGUA RESIDUAL DEPURADA.

c) *Análisis Foliar*

Las muestras de la parte aérea del "Ray-Grass", previamente lavadas con agua destilada, fueron secadas en estufa durante 24 horas a 70 °C, obteniéndose de esta manera los datos correspondientes a rendimiento en peso seco. Una vez molidas y secadas de nuevo a 105 °C se determinó el Nitrógeno total mediante el método clásico de KJELDAHL (CO'T-TENIE, 1980).

Análisis Estadístico

Teniendo en cuenta el diseño experimental establecido (bloques de parcelas al azar, con 5 bloques y 9 tratamientos) los resultados del parámetro analizado en las distintas recogidas de material vegetal, fueron sometidos a un análisis de varianza para determinar la significación estadística de las medias de los distintos tratamientos y posibles efectos debidos a los bloques para cada una de las recogidas. Para ello se ha utilizado un programa bidireccional sin réplica en un ordenador Hewlett-Packard HP-41C, ensayándose las pruebas F de Snedecor para tratamientos y bloques. La separación de medias fue realizada utilizando la prueba D. M. S. de Duncan (prueba del rango múltiple de Duncan) (LITTLE y JACKSON, 1981). Asimismo se determinó el coeficiente de variación (C. V.) en cada recogida, que nos da una idea de la dispersión de datos.

RESULTADOS Y DISCUSION

1.º.—*Rendimiento en peso seco*

En la Tabla V y Fig. 1, se muestran los valores medios obtenidos del rendimiento en peso seco por tratamiento durante las cinco recogidas realizadas durante la experiencia.

Se observa que en las dos primeras recogidas, los valores medios para los nueve tratamientos no son significativamente diferentes al nivel de significación del 5%. El mínimo aporte de nutrientes por el agua depurada y en forma de fertilizante mineral en los riegos correspondientes a estos dos primeros meses, no es suficiente para obtener una respuesta significativa de los tratamientos D y M con respecto al testigo (T).

A partir de la tercera recogida (tercer mes), se observan diferencias significativas entre los distintos tratamientos como demuestran las pruebas "F" realizadas. Con respecto al testigo, existen diferencias significativas en todos los tratamientos, excepto para D1 y M1 en las tres últimas recogidas. Es decir, en las condiciones ensayadas el agua depurada en las dosis D2, D3 y D4, producen un aumento de rendimiento con respecto al testigo, hecho que está de acuerdo con las experiencias obtenidas por otros autores (SANAI y SHAYEGAH, 1977). aunque en términos relativos, se aprecia una tendencia a disminuir el rendimiento a medida que avanza la experiencia.

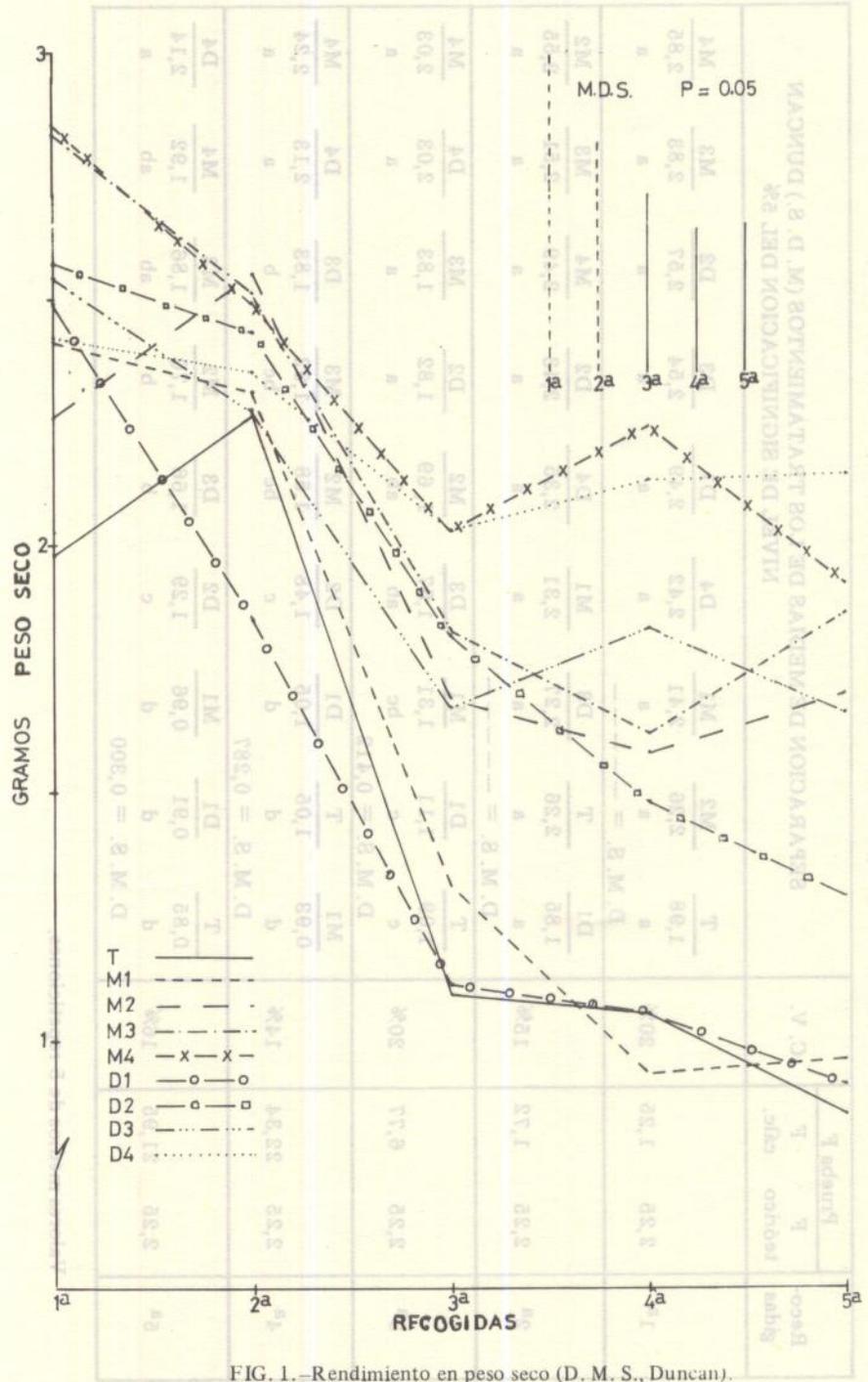
TABLA V

Análisis de varianza y separación de medias del rendimiento en peso seco (Gramos).

Reco- gidas	Prueba F		C. V.	SEPARACION DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS (M. D. S.) DUNCAN NIVEL DE SIGNIFICACION DEL 5%												
	F teórico	F cálculo		T	M2	M1	D4	D1	D3	D2	M3	M4	D3	D2	M3	M4
1 ^a	2,25	1,25	20%	1,98 a	2,26 a	2,41 a	2,42 a	2,49 a	2,54 a	2,57 a	2,83 a	2,85 a	D. M. S. = -----			
2 ^a	2,25	1,72	15%	1,85 a	2,26 a	2,27 a	2,31 a	2,35 a	2,43 a	2,49 a	2,51 a	2,55 a	D. M. S. = -----			
3 ^a	2,25	6,77	20%	1,09 c	1,11 c	1,31 bc	1,67 ab	1,69 ab	1,82 a	1,83 a	2,03 a	2,03 a	D. M. S. = 0,412			
4 ^a	2,25	22,34	14%	0,93 d	1,05 d	1,05 d	1,48 c	1,58 bc	1,62 bc	1,83 b	2,13 a	2,24 a	D. M. S. = 0,287			
5 ^a	2,25	21,95	16%	0,85 d	0,91 d	0,96 d	1,29 c	1,66 b	1,70 b	1,86 ab	1,92 ab	2,14 a	D. M. S. = 0,300			

Valores medios de 5 repeticiones.

GRAMOS PESO SECO



укажите на графике и таблицах те моменты, где различия между вариантами являются значимыми (См. таблицу 1)

ТАБЛИЦА 1

КАТЕГОРИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛА ИЛИ ПЛОЩАДИ ЛИСТОВ (M, D, S) ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Среднее значение
E
Линия E

Comparando los resultados obtenidos en los tratamientos "D" con respecto a los tratamientos "M", se observa que con respecto al rendimiento obtenido, la dosis D2 es en general significativamente equivalente a la M2, la D3 a la M3 y la D4 a la M4. El aumento de rendimiento se hace más patente a las mayores dosis (D4 y M4); al mismo tiempo se observa que tanto los rendimientos totales como los parciales aumentan en el sentido D2, D3 y D4.

Si se comparan entre sí los resultados (parciales y totales) de cosecha obtenidos con las cuatro dosis ensayadas de agua depurada (D), se pone de manifiesto un aumento proporcional a la dosis aplicada, hecho que se observa con mayor nitidez en las dos últimas recogidas (4a y 5a), existiendo en éstas una diferencia significativa con todos y cada uno de los tratamientos "D".

Resulta evidente, que por lo que se refiere a los resultados de cosecha, el agua depurada utilizada, posee un poder fertilizante semejante al agua con fertilizantes químicos disueltos en las condiciones de nuestro ensayo.

2.º.—Nitrógeno

En la Tabla VI y Fig. 2, se exponen los valores medios que expresan la evolución de la concentración de Nitrógeno en la planta a lo largo de la experiencia. De igual manera que sucede con el rendimiento, según se deduce de las pruebas "F", no existe significación estadística (5%) en las diferencias observadas en los tratamientos de las dos primeras recogidas, hecho que se puede explicar por los bajos niveles de Nitrógeno aplicados en estas dos primeras recogidas.

En la tercera recogida sí se aprecia significación entre las medias. La significación que indica la prueba "F" es debida a la diferencia significativa relativa entre los tratamientos con dosis menores de mineral (M1 y M2) con respecto a las dosis mayores de mineral y depurada (M3, M4 y D4). En la cuarta recogida únicamente los tratamientos M3, M4 y D4 son significativamente superiores en % N con respecto al testigo, observándose este hecho en la quinta recogida en los tratamientos M3, M4, D3 y D4. Estos resultados nos indican que el agua depurada posee un grado equivalente de cesión de Nitrógeno al cultivo igual que los tratamientos con fertilizante mineral.

Esta respuesta de la planta a los tratamientos D y M se puede explicar por el hecho de que el Nitrógeno en las aguas depuradas, efluentes de plantas de tratamientos con lodos activos, se encuentra en forma directamente disponible para los cultivos, fundamentalmente en forma de N amoniacal y en menor grado en forma de N de nitratos (SEOANEZ, 1978).

La Fig. 2 indica que la evolución de la concentración de N a lo largo de las cinco recogidas es negativa (al igual que ocurre con el caso del rendimiento) para todos los tratamientos. Esta tendencia general en la disminución de la concentración de nitrógeno, puede explicarse por los niveles de nitrógeno aportados por el agua depurada y fertilizante mineral, incluso en las mayores dosis (M4 y D4) no han sido suficientes

TABLA VI
 Analisis de varianza y separación de medias del contenido en %N.
 SEPARACION DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS (M. D. S.) DUNCAN
 NIVEL DE SIGNIFICACION DEL 5%

Reco- gidas	Prueba F		C. V.	SEPARACION DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS (M. D. S.) DUNCAN NIVEL DE SIGNIFICACION DEL 5%									
	F teórico	F calc.		D3	T	D1	D4	D2	M4	M1	M3	M2	
1 ^a	2,25	1,39	6,7%	3,90	3,92	3,95	3,98	4,16	4,18	4,20	4,20	4,28	
2 ^a	2,25	1,23	11,3%	2,60	3,04	3,08	3,09	3,12	3,19	3,21	3,24	3,25	
3 ^a	2,25	2,31	8,8%	2,05	2,11	2,26	2,27	2,28	2,32	2,37	2,43	2,47	
4 ^a	2,25	6,77	6,4%	1,73	1,74	1,85	1,86	1,89	2,03	2,05	2,09	2,09	
5 ^a	2,25	3,40	10,9%	1,69	1,70	1,71	1,83	1,85	1,96	2,01	2,06	2,16	

Valores medios de 5 repeticiones.

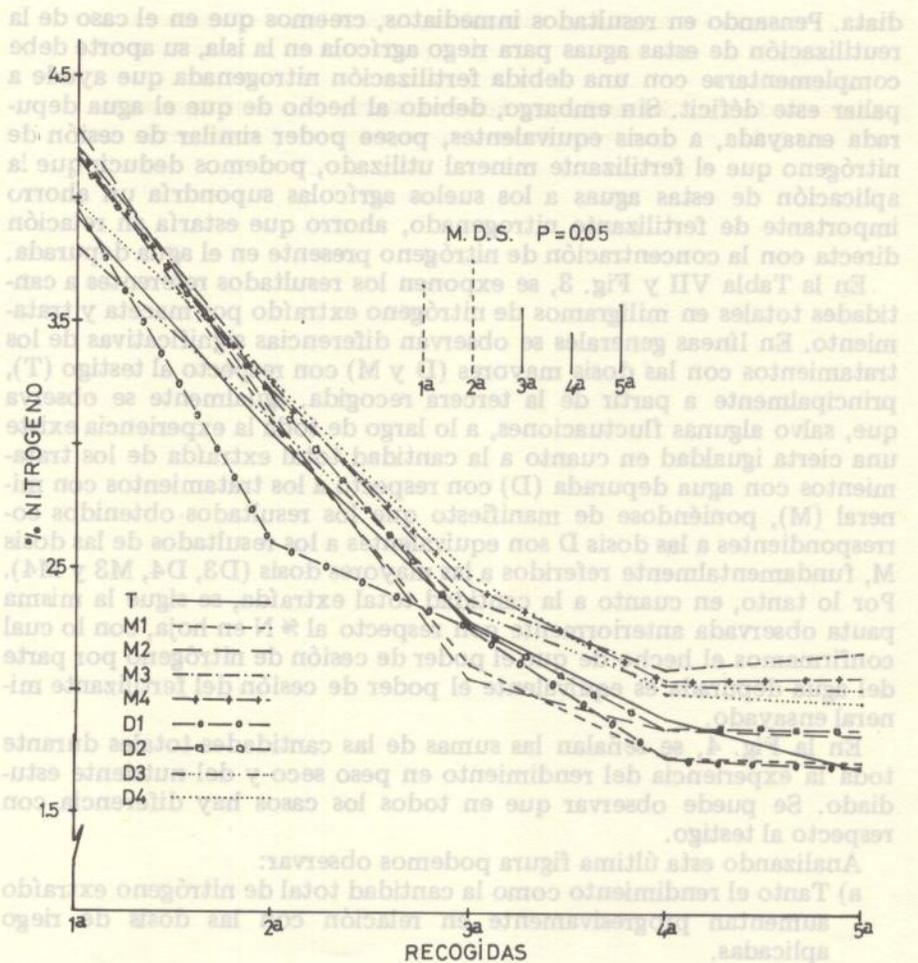


FIG. 2.—% Nitrógeno (D. M. S., Duncan).

para alcanzar los óptimos niveles de nitrógeno para el desarrollo normal del cultivo. Este hecho se confirmó por la observación de claros síntomas de clorosis a partir de la tercera recogida, que debió coincidir con el nivel crítico de N en la planta.

Por tanto la evolución de la concentración de N es fuertemente negativa, hecho que se corresponde con la disminución del rendimiento, de donde se deduce su actuación como factor limitante en las condiciones de nuestra experiencia. Pensamos que la cantidad de nitrógeno aportada por el agua depurada en las dosis mayores, no es suficiente para mantener un adecuado suministro al cultivo de cara a una cosecha inme-

diata. Pensando en resultados inmediatos, creemos que en el caso de la reutilización de estas aguas para riego agrícola en la isla, su aporte debe complementarse con una debida fertilización nitrogenada que ayude a paliar este déficit. Sin embargo, debido al hecho de que el agua depurada ensayada, a dosis equivalentes, posee poder similar de cesión de nitrógeno que el fertilizante mineral utilizado, podemos deducir que la aplicación de estas aguas a los suelos agrícolas supondría un ahorro importante de fertilizante nitrogenado, ahorro que estaría en relación directa con la concentración de nitrógeno presente en el agua depurada.

En la Tabla VII y Fig. 3, se exponen los resultados referentes a cantidades totales en miligramos de nitrógeno extraído por maceta y tratamiento. En líneas generales se observan diferencias significativas de los tratamientos con las dosis mayores (D y M) con respecto al testigo (T), principalmente a partir de la tercera recogida. Igualmente se observa que, salvo algunas fluctuaciones, a lo largo de toda la experiencia existe una cierta igualdad en cuanto a la cantidad total extraída de los tratamientos con agua depurada (D) con respecto a los tratamientos con mineral (M), poniéndose de manifiesto que los resultados obtenidos correspondientes a las dosis D son equivalentes a los resultados de las dosis M, fundamentalmente referidos a las mayores dosis (D3, D4, M3 y M4). Por lo tanto, en cuanto a la cantidad total extraída, se sigue la misma pauta observada anteriormente con respecto al % N en hoja, con lo cual confirmamos el hecho de que el poder de cesión de nitrógeno por parte del agua depurada es equivalente al poder de cesión del fertilizante mineral ensayado.

En la Fig. 4, se señalan las sumas de las cantidades totales durante toda la experiencia del rendimiento en peso seco y del nutriente estudiado. Se puede observar que en todos los casos hay diferencia con respecto al testigo.

Analizando esta última figura podemos observar:

- a) Tanto el rendimiento como la cantidad total de nitrógeno extraído aumentan progresivamente en relación con las dosis de riego aplicadas.
- b) Con respecto al rendimiento, los tratamientos M4 y M3 son ligeramente superiores a D4 y D3, mientras que M2 es equivalente a D2 y M1 a D1 y todos ellos superiores al testigo.
- c) Referente al nitrógeno todos los tratamientos M son semejantes a los respectivos. D.

CONCLUSIONES

- 1.^a) En experiencia realizada en invernadero bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, el agua residual depurada de Santa Cruz de Tenerife cuando se adiciona al suelo, no ejerce un efecto depresivo sobre la cosecha en relación al testigo, ya que con respecto a éste, se aprecia un aumento del rendimiento a partir del tercer mes de la experiencia.

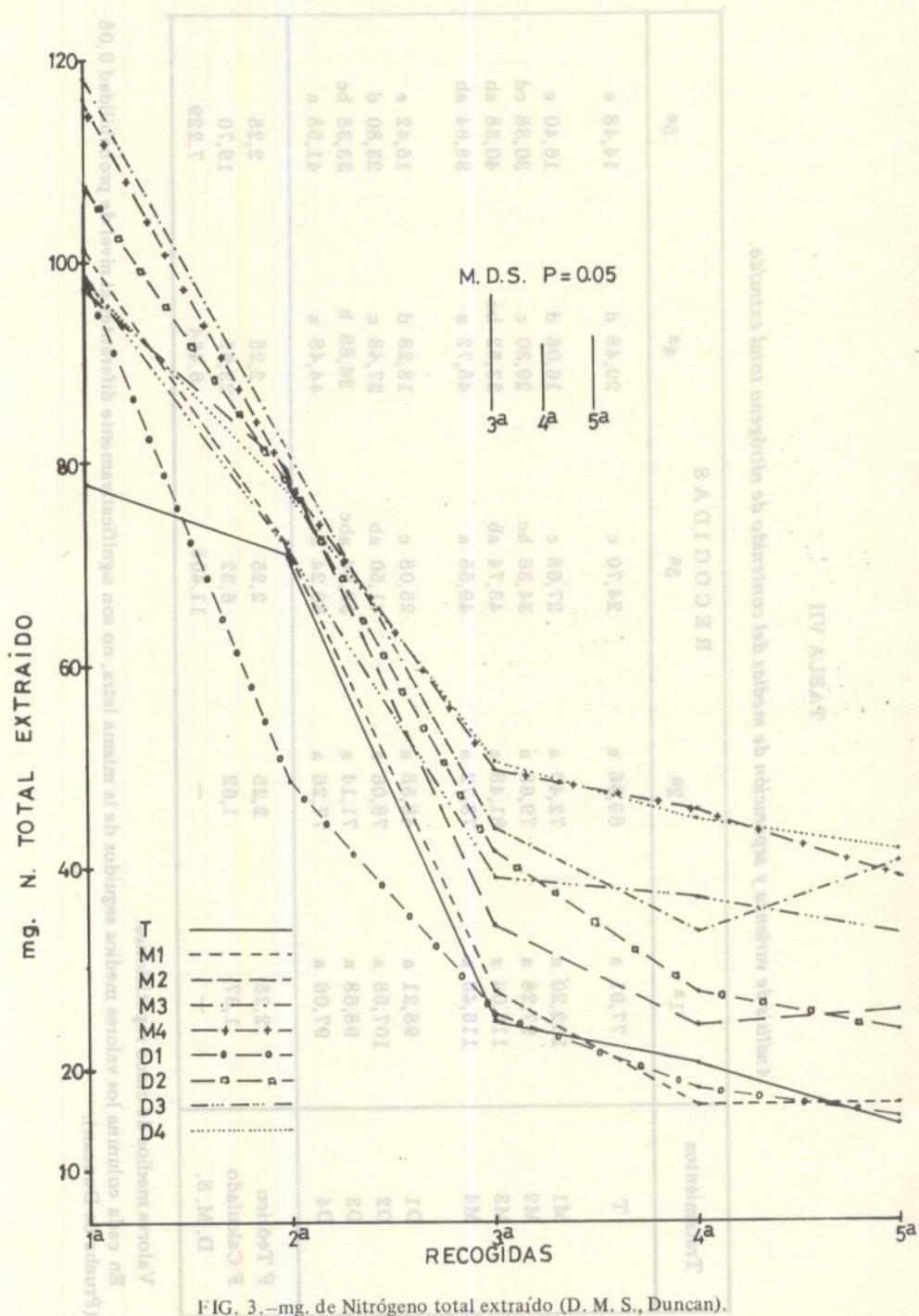
TABLA VII

Análisis de varianza y separación de medias del contenido de nitrógeno total extraído.

Tratamientos	RECOGIDAS				
	1a	2a	3a	4a	5a
T	77,91 a	69,36 a	24,70 c	20,48 d	14,48 e
M1	102,20 a	72,40 a	27,68 c	16,06 d	16,40 e
M2	97,26 a	79,68 a	34,36 bc	29,30 c	30,88 cd
M3	118,04 a	81,48 a	43,74 ab	33,52 bc	40,38 ab
M4	116,40 a	78,72 a	49,58 a	45,72 a	38,84 ab
D1	98,21 a	48,58 a	25,08 c	18,28 d	15,42 e
D2	107,58 a	78,06 a	41,50 ab	27,48 c	23,80 d
D3	98,68 a	71,14 a	38,84 abc	36,88 b	33,38 bc
D4	97,06 a	77,26 a	50,24 a	44,48 a	41,58 a
F Teórico	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
F Calculado	1,37	1,62	6,32	23,65	19,70
D. M. S.	—	—	11.405	6.464	7.229

Valores medios de cinco repeticiones.

En cada columna los valores medios seguidos de la misma letra, no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad 0,05 (Prueba de Duncan).



3.ª) Pensando en el empleo del agua residual depurada en agrícola y buscando un efecto inmediato, existe una limitación con respecto al nitrógeno de la evolución de la concentración en hoja es fuertemente nitrógeno. Tenemos que en el caso de la reutilización agrícola de estas aguas, el aporte de nitrógeno debe complementarse con una debida fertilización.

4.ª) Debido al hecho constatado de que las aguas residuales depuradas poseen un poder fertilizante equivalente a las aguas residuales depuradas, a dosis equivalentes poseen igual poder de cesión de N que el fertilizante mineral. Podemos deducir de su utilización agrícola que un ahorro importante de fertilizantes, ahorro que estaría en relación directa con la concentración de nitrógeno en el agua residual depurada.

Los autores agradecen a la Sociedad Española de Aguas Filtradas, S. A. y E. M. A. S. A. su colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

El balance hídrico negativo en las zonas de cultivo hace necesario la reutilización de las aguas residuales depuradas.

En el presente trabajo se estudia la absorción por las plantas del nitrógeno de estas aguas residuales depuradas en comparación con fertilizantes minerales disueltos en agua destilada en cantidades equivalentes al contenido de este nutriente en las aguas residuales depuradas.

En las condiciones de cultivo en campo, se han obtenido los resultados de reutilización de aguas residuales depuradas en dosis equivalentes a las de fertilizante mineral, aunque la concentración de nitrógeno en el agua residual depurada no ha sido suficiente para abastecer al cultivo.

Instituto de Recursos Naturales y Agronomía de Canarias
Sociedad Española de Aguas Filtradas, S. A.

3.ª) En las condiciones de nuestro ensayo, el agua residual depurada posee un poder fertilizante equivalente a las aguas residuales depuradas en dosis equivalentes a las de fertilizante mineral. Podemos deducir de su utilización agrícola que un ahorro importante de fertilizantes, ahorro que estaría en relación directa con la concentración de nitrógeno en el agua residual depurada.

4.ª) Debido al hecho constatado de que las aguas residuales depuradas poseen un poder fertilizante equivalente a las aguas residuales depuradas, a dosis equivalentes poseen igual poder de cesión de N que el fertilizante mineral. Podemos deducir de su utilización agrícola que un ahorro importante de fertilizantes, ahorro que estaría en relación directa con la concentración de nitrógeno en el agua residual depurada.

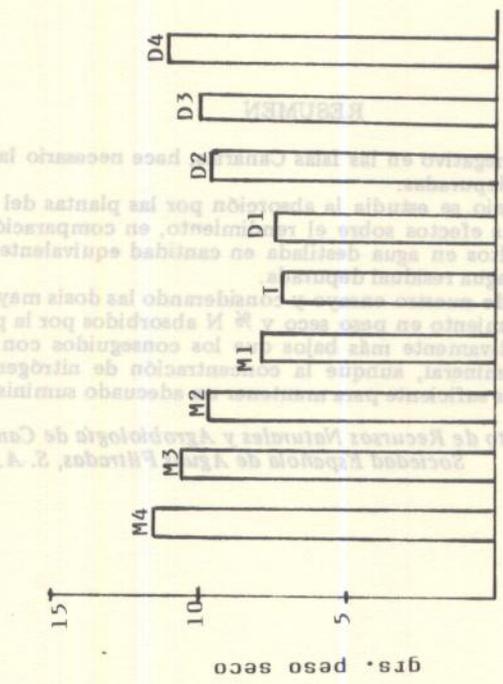
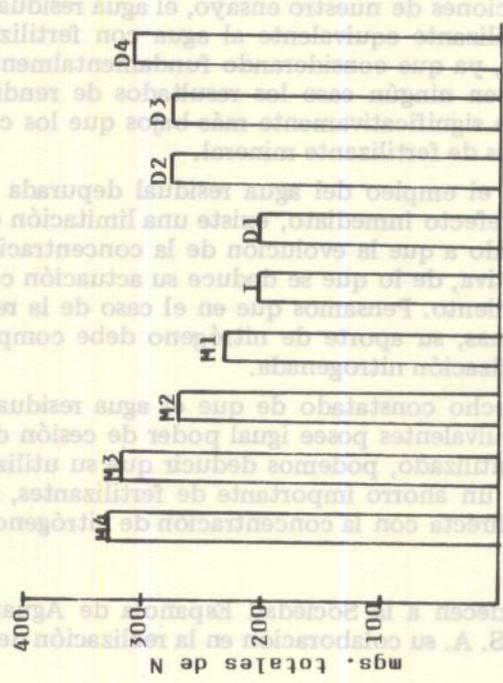


FIGURA 4.

2.^a) En las condiciones de nuestro ensayo, el agua residual depurada posee un poder fertilizante equivalente al agua con fertilizante nitrógeno disuelto, ya que considerando fundamentalmente las dosis mayores ensayadas, en ningún caso los resultados de rendimiento en peso seco y % N son significativamente más bajos que los conseguidos con dosis equivalentes de fertilizante mineral.

3.^a) Pensando en el empleo del agua residual depurada en agricultura y buscando un efecto inmediato, existe una limitación con respecto al nitrógeno debido a que la evolución de la concentración en hoja es fuertemente negativa, de lo que se deduce su actuación como factor limitante del rendimiento. Pensamos que en el caso de la reutilización agrícola de estas aguas, su aporte de nitrógeno debe complementarse con una debida fertilización nitrogenada.

4.^a) Debido al hecho constatado de que el agua residual depurada ensayada, a dosis equivalentes posee igual poder de cesión de N que el fertilizante mineral utilizado, podemos deducir que su utilización agrícola puede suponer un ahorro importante de fertilizantes, ahorro que estaría en relación directa con la concentración de nitrógeno en el agua residual depurada.

Los autores agradecen a la Sociedad Española de Aguas Filtradas, S. A. y E. M. M. A. S. A. su colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

RESUMEN

El balance hídrico negativo en las Islas Canarias, hace necesario la reutilización de las aguas residuales depuradas.

En el presente trabajo se estudia la absorción por las plantas del nitrógeno disuelto en el agua y sus efectos sobre el rendimiento, en comparación con fertilizantes minerales disueltos en agua destilada en cantidad equivalente al contenido de este nutriente en el agua residual depurada.

En las condiciones de nuestro ensayo y considerando las dosis mayores de riego, los resultados de rendimiento en peso seco y % N absorbidos por la planta, en ningún caso son significativamente más bajos que los conseguidos con dosis equivalentes de fertilizante mineral, aunque la concentración de nitrógeno en el agua residual depurada no es suficiente para mantener un adecuado suministro al cultivo.

*Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Canarias.
Sociedad Española de Aguas Filtradas, S. A.*



BIBLIOGRAFIA

- CAPDEVILLA, M.; CARDUS, J. y SALGOT, M. 1982. Problemática y posibilidades de reutilización de las aguas depuradas. Resumen bibliográfico. Circular Farmacéutica. Año XL N.º 274. Facultad de Farmacia, Barcelona.
- CHANIMADE, R. 1964. Diagnostic des carences minerales du sol par experimentation en petits vases de vegetation. Science du Sol. II, 57.
- COTTENIE, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Soils. Bull. 38-98.
- FERNANDEZ CALDAS, E.; TEJEDOR SALGUERO y QUANTIN, P. 1982. Suelos de Regiones Volcánicas de Tenerife. Secretariado de publicaciones de la Universidad de La Laguna. Colección Viera y Clavijo.
- GRUPO DE TRABAJO DE NORMALIZACION DE METODOS ANALITICOS. 1973. Determinaciones Analíticas en Suelos. Normalización de Métodos. I. pH, Materia Orgánica y Nitrógeno. An. Edafol. Agrobiol., XXXII, (11-12), 1153.
- GRUPO DE TRABAJO DE NORMALIZACION DE METODOS ANALITICOS. 1976. Determinaciones Analíticas en Suelos. Normalización de Métodos. II. Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio. An. Edafol. Agrobiol., XXXV, (7-8), 813.
- GRUPO DE TRABAJO DE NORMALIZACION DE METODOS ANALITICOS. 1981. Determinaciones Analíticas en Suelos. Normalización de Métodos. III. Fósforo Asimilable. An. Edafol. Agrobiol., XLI, 1331.
- LITTLE, T. y JACKSON, F. 1981. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Ediciones Trillas, 1981. México.
- RODIER, J. 1981. Análisis de Aguas. Ediciones Omega, S. A. Barcelona.
- SANAI, M. y SHAYEGAH, J. 1978. The use of secondary treated wastewater for energy efficient crop production. Pergamon Press. Oxford. Vol. I y II.
- SEOANEZ, M. 1978. Aprovechamiento y Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas. INIA.
- UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook n.º 60. Estados Unidos de América.

Recibido: 10-10-88.
Aceptado: 24-10-88.