

EFFECTO DE VARIOS TRATAMIENTOS DE SUELO Y PLANTA EN LOS PRIMEROS MESES TRAS LA REVEGETACIÓN DE TERRENOS AGRÍCOLAS ABANDONADOS CON CINCO ESPECIES DE MATORRAL AUTÓCTONO

J. Álvarez Rogel, J.*(1), J.F. Martínez Fernández (2), C. Marín Semitiel (1), L. García Martínez (1) y V. Ruiz Martínez (1).



(1) Dep. de Producción Agraria. Área de Edafología y Química Agrícola.

Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena, España. * Autor para correspondencia.

(2) Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Murcia.



INTRODUCCIÓN

La utilización de residuos sólidos urbanos (RSU) puede suponer una fuente de materia orgánica y nutrientes para el suelo, lo cual resultaría muy interesante en la regeneración de suelos agrícolas abandonados, además de ser una alternativa para la reutilización de dichos residuos. El RSU mejora las propiedades físicas y químicas del suelo (Albaladejo y Díaz [1]), lo que contribuye a aumentar el éxito de las repoblaciones (Díaz y Roldán [2]). No obstante, los efectos del RSU pueden ser perjudiciales, si estos contienen elevadas cantidades de metales y sales solubles.

En este trabajo se presentan los datos correspondientes a una experiencia de revegetación de terrenos agrícolas abandonados con diferentes tratamientos de suelo y planta, cinco meses después de la plantación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las parcelas experimentales se encuentran en la Sierra de Carrascoy (Murcia, SE de España), a 220 m de altitud. El clima es mediterráneo semiárido (Tª media mensual de 19 °C y precipitación media anual 306 mm). La zona se encuentra aterrizada, por haber estado dedicada al cultivo de cítricos en regadío. Los suelos son Regosoles calcáricos (FAO, [3]) formados a partir de margas.

La plantación (12 pies por especie y tratamiento en cada bloque espaciados 1.5 m) se realizó en surcos (separados 2.5 m), en enero de 2001. La distribución de las especies y tratamientos en el campo fue completamente al azar, sobre las terrazas ya existentes, en 3 bloques de repetición. Los tratamientos fueron: aplicación de RSU, tubo invernadero, riego, tratamiento combinado residuo + tubo + riego, y control sin tratamiento. Las especies fueron: *Anthyllis cytisoides* (albaída), *Rhamnus lycioides* (espino negro), *Rhamnus alaternus* (aladierno), *Juniperus oxycedrus* (enebro) y *Quercus coccifera* (coscoja). El RSU se trató de un residuo fresco sin compostar procedente de la Planta de Tratamientos de Basura de Murcia, de composición: cenizas: 449 g kg⁻¹; pH: 7.4; CE: 7.1 dS m⁻¹; CO 55 y N 18.9 g kg⁻¹; P: 75.5; K: 148.9; Cu: 16.6; Zn: 37.2; Pb: 25.1; Fe: 54.9; Mn: 9.8 (todos en mg kg⁻¹). Dosis de aplicación: 6 kg/m².

A mediados de junio se aplicó el tratamiento de riego con una dosis de 20 litros por planta. Los muestreos de campo se realizaron en febrero y junio de 2001. La lluvia en ese periodo fue de 99 mm y la Tª media mensual de 19°C. En las dos fechas se realizaron medidas de altura y diámetro basal de 4 plantas elegidas al azar por cada tratamiento y especie en cada bloque. Además, en junio se anotó la mortalidad de cada especie. La altura media inicial de cada especie fue: albaída: 4.4 cm; espino negro: 23.6 cm; aladierno: 35.4 cm; enebro: 11 cm; coscoja: 14.2 cm.

A fin de comparar las condiciones del suelo entre tratamientos, en junio se tomaron muestras de los 20 cm superficiales en el entorno rizosférico de la albaída (n=6 por tratamiento), pues esta fue la única especie en la que se apreció crecimiento generalizado.

En las muestras de suelo se determinó: carbonato cálcico total (calcimetro Bernard); carbono orgánico (CO) (oxidación con dicromato); nitrógeno total (N) (método Kjeldahl); pH y conductividad eléctrica (CE) (suspensión suelo:agua 1:1); capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Chapman [4]); Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ en el percolado del complejo de cambio (espectrofotometría de absorción atómica); Fe, Cu Mn y Zn extraídos con DTPA (Lindsay and Norvell, [5]); fósforo disponible, expresando los resultados en mg kg⁻¹ de P (Olsen y Dean [6]). Además, se determinó la humedad (por gravimetría); la retención de agua a 33 y 1500 kPa (placa de Richards) y la densidad aparente (Barahona y Santos [7]). En el RSU se determinó: Fe, Cu, Mn, Zn, Na, K, Mg, Ca (tras calcinación), P y Pb (tras digestión nítrico-perclórica); N total (método Kjeldahl); humedad (por gravimetría); pH y conductividad eléctrica (suspensión 1:10) y CO (por calcinación). Las medidas de altura y anchura del cuello de raíz se transformaron logarímicamente y se compararon por medio de un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía, considerando el efecto del bloque y del tratamiento. Cuando el resultado del ANOVA indicó diferencias significativas (p<0.05), las medias se compararon con el test de la mínima diferencia significativa (LSB), con p<0.05.

Tabla 2. Altura en cm de la albaída ± desviación standard para los diferentes tratamientos (entre paréntesis los máximos y mínimos).

	CONTROL	RSU	TUBO	RIEGO	COMBIN.
ALTURA	14.50 ± 6.61 a (4.50 - 26.50)	16.41 ± 7.69 ab (7.50 - 34.50)	32.68 ± 15.7 bc (13.00 - 54.00)	12.54 ± 6.05 a (5.00 - 25.00)	40.04 ± 16.97 c (19.00 - 65.00)
DIAMETRO	3.09 ± 1.31 a (1.59 - 5.13)	3.23 ± 0.95 a (1.36 - 4.50)	2.57 ± 0.71 a (1.56 - 3.60)	3.01 ± 1.17 a (1.98 - 5.00)	3.64 ± 1.64 a (1.73 - 7.52)

Para cada especie, los valores que comparten letra no son significativamente diferentes según el test LSD a p<0.05. Combin. es el tratamiento combinado RSU + tubo + riego. La altura viene dada en centímetros y el diámetro en milímetros.

La adición de RSU provocó un aumento del contenido en sales (Figura 1). La CE llegó hasta 7.7 dS m⁻¹ de media en el tratamiento RSU, frente a los 0.6 dS m⁻¹ del control. Por su parte, con la adición de RSU el pH disminuyó, lo que puede favorecer la absorción de nutrientes por las plantas. Como era de esperar, el residuo aumentó el contenido de N, CO (hasta en un 350 %) y P, lo que supone un incremento en el aporte de nutrientes para las plantas. Los aumentos de P fueron menos evidentes, ya que el contenido inicial en el suelo era de por sí elevado, quizás debido al uso agrícola de fertilizantes en la zona. El CO, además del aporte de nutrientes que supone, influye en la mejora de las propiedades físicas del suelo y la retención de agua. El incremento en los contenidos de N y P aumentan la conductividad hidráulica de las raíces, disminuyendo el estrés hídrico y mejorando el ajuste del control estomático de las pérdidas de agua, por lo que aumenta la eficiencia en el uso del agua de las plantas.

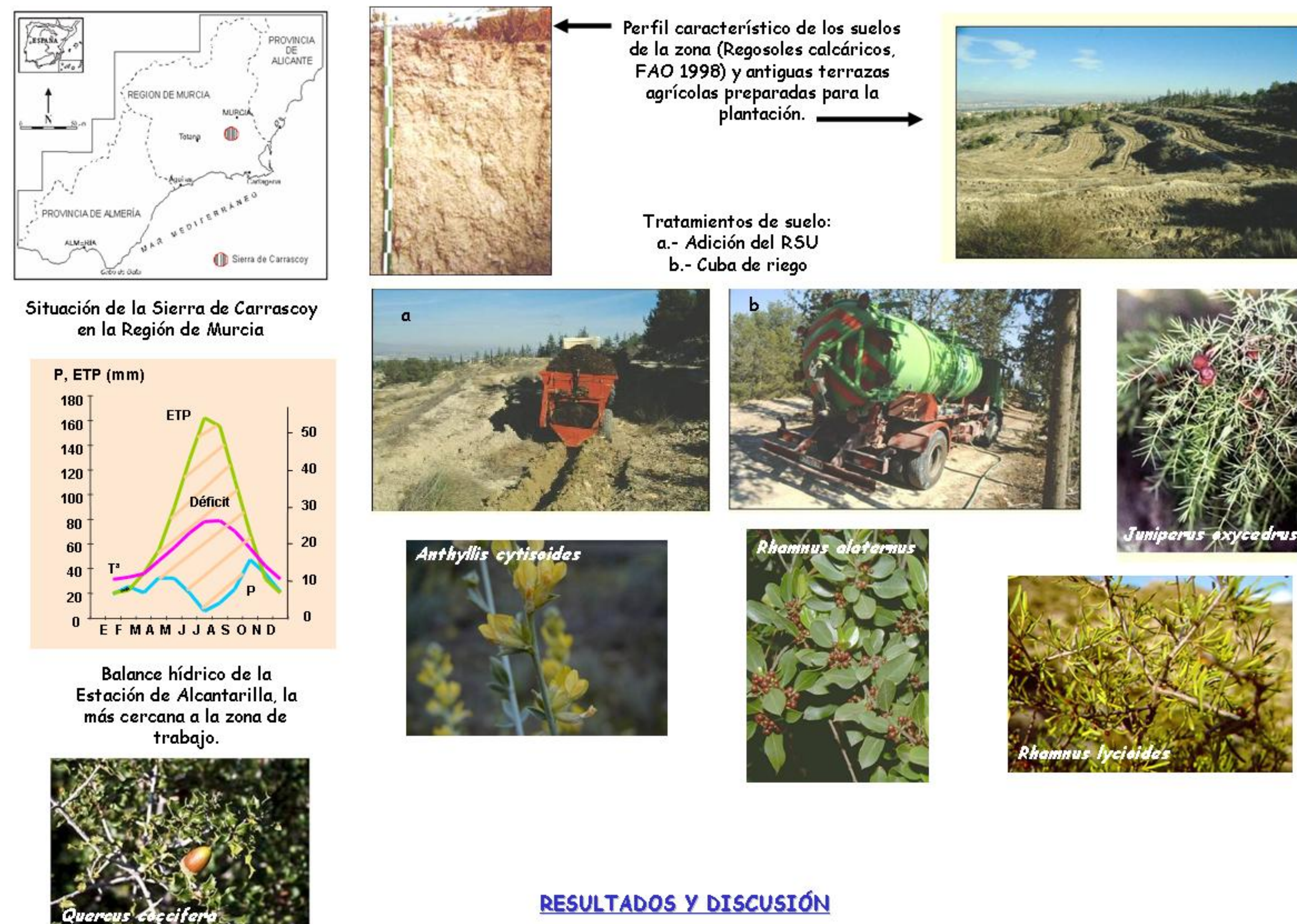
Con el residuo aumentó la capacidad de intercambio catiónico (Figura 1), aunque estos aumentos no fueron muy marcados quizás debido al elevado contenido en arcilla del suelo. En cuanto a las bases, el incremento más importante se dio en el sodio, de hasta 20 veces más, que se corresponde con el aumento de CE. Este incremento en sales no pareció aumentar la mortalidad ni reducir el crecimiento de la albaída, como se deduce de comparar los resultados del control y el tratamiento RSU.

Aunque en general el contenido en K fue elevado en todos los tratamientos, el RSU aumentó notablemente el contenido en este nutriente, lo que puede mejorar la resistencia de las plantas a la sequía. Los aumentos en magnesio fueron poco marcados pero el contenido fue alto en todos los tratamientos.

El residuo aumentó el contenido del hierro, cobre, manganeso y cinc (Figura 1) por encima de las necesidades de cualquier cultivo, pero nunca superaron los máximos aceptables para suelos agrícolas (según directiva 86/278 CEE). El hierro aumentó hasta 50 veces y el cinc hasta 20 veces, debido a las altas concentraciones de estos elementos en el residuo y las bajas concentraciones en el suelo original. Los incrementos en cobre también fueron importantes y menos los de manganeso.

A pesar de que en los dos tratamientos con residuo se aplicaron las mismas dosis, en el combinado se observó mayor variabilidad en los parámetros edáficos. Esto pudo deberse a que la presencia del tubo interfirió la recogida de las muestras de suelo en el entorno rizosférico, que fue la zona en la que se encontraba la mayor acumulación de RSU.

Figura 1. Gráficos de cajas para CE, pH, CIC, bases, CO, N, P, Fe, Cu, Mn y Zn. Las líneas fuera de las cajas indican los percentiles 5 y 95th. La línea continua dentro de las cajas indica la mediana.



El residuo disminuyó la densidad aparente y el agua útil, calculada por diferencia entre el agua a 33 y 1500 kPa, (Tabla 3). En cuanto a la humedad del suelo en el muestreo de julio de 2001 (Tabla 3), el RSU tuvo un efecto importante en la conservación del agua edáfica, que se pudo apreciar aún estando los suelos casi completamente secos. El tratamiento de riego, realizado pocas semanas antes del muestreo, fue el único que mostró contenidos de humedad similares a los del tratamiento con RSU. Aun así, las diferencias fueron muy pequeñas y muestran las condiciones de fuerte estrés hídrico a las que pueden verse sometidas las plantas que se desarrollan en estos ambientes.

Tabla 3. Valores medios de densidad aparente (DA), porcentaje de humedad en el muestreo de junio de 2001 y retención de agua (± desviación estándar) para los distintos tratamientos del suelo. Los valores entre paréntesis indican los mínimos y máximos respectivamente.

	CONTROL	RSU	TUBO	RIEGO	COMBIN.
DA	1.43 ± 0.10 (1.34 - 1.54)	1.23 ± 0.06 (1.17 - 1.29)	1.44 ± 0.04 (1.40 - 1.48)	1.47 ± 0.11 (1.35 - 1.57)	1.41 ± 0.18 (1.20 - 1.53)
% Hum.	1.94 ± 0.33 (1.64 - 2.49)	3.75 ± 1.07 (2.12 - 4.88)	2.16 ± 0.28 (1.82 - 2.49)	3.30 ± 0.63 (2.15 - 3.89)	3.67 ± 1.00 (2.70 - 4.99)
Agua 33kPa	21.2 ± 1.37 (30.0-32.6)	30.1 ± 0.27 (29.8-30.1)	24.3 ± 1.08 (23.0-25.7)	25.6 ± 2.41 (23.5-28.6)	28.2 ± 3.85 (25.1-33.6)
Agua 1500kPa	10.0 ± 1.20 (16.9-19.7)	11.9 ± 0.92 (11.1-12.9)	12.0 ± 0.70 (11.2-13.1)	11.9 ± 1.88 (9.6-13.9)	13.0 ± 3.49 (10.4-17.7)
Agua útil (%)	11.2 ± 1.84 (10.8-15.2)	18.2 ± 0.64 (17.5-18.7)	12.3 ± 0.52 (11.6-13.0)	13.7 ± 3.33 (9.5-16.6)	15.3 ± 0.80 (13.8-15.8)

Combin. es el tratamiento combinado RSU + tubo + riego. La densidad viene dada en g cm⁻³. La retención de agua se expresa gravimétricamente en g kg⁻¹.

CONCLUSIONES

La utilización de tubo invernadero estimuló el crecimiento de la albaída, y lo hizo en mayor medida en tratamientos combinados con aportes hídricos y de enmienda orgánica.

Aunque la aplicación de RSU incrementó la salinidad del suelo, la ausencia de diferencias en las tasas de supervivencia y el tamaño de las plantas entre el tratamiento con RSU y el control no permiten afirmar que dichas sales fuesen perjudiciales.

Según los resultados obtenidos, se puede afirmar que *Anthyllis cytisoides* es una especie indicada la revegetación de suelos degradados, y/o cuando interesa un rápido crecimiento.

Seis meses no fueron suficientes para que se produjera un crecimiento apreciable de *Q. coccifera*, *R. lycioides*, *R. alaternus* y *J. oxycedrus*, por lo que su utilización parece estar desaconsejada cuando se desee un rápido desarrollo de la vegetación implantada.

Se considera necesario un periodo de tiempo más prolongado a evaluar con mayor fiabilidad los efectos de los diferentes tratamientos sobre el desarrollo de estas especies, así como el del RSU sobre las características del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Albaladejo, J., Díaz, E. (1991). Degradación y regeneración del suelo en el litoral Mediterráneo español: experiencias en el proyecto LUCDEME. En: Degradación y Regeneración del Suelo en Condiciones Ambientales Mediterráneas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- [2] Díaz, E., Roldán, A. (2000). Effects of reforestation techniques on the nutrient content, photosynthetic rate and stomatal conductance of Pinus halepensis seedlings under semiarid conditions. Land Degradation and Development, 11:475-486.
- [3] FAO. (1998). World Reference Base for Soil Resources. FAO, ISRIC and ISSS, Roma.
- [4] Chapman, H. D. (1965). Cation exchange capacity. En C. A. Black, Ed. Methods of soil Analysis. Amer. Soc. Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, EE.UU. 2. p.p. 891-900.
- [5] Lindsay, W.L. & Norvell, W.A. (1969). Development of a DTPA micronutrient soil test. Agronomy Abstract, 84.
- [6] Olsen, S. R., & Dean, L. A. (1965). Phosphorus. En C. A. Black, Ed. Methods of Soil Analysis, part 2. 1044-1045. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- [7] Baharona, E. & Santos, F. (1981). Un nuevo método para la determinación de densidades aparentes y del coeficiente de extensibilidad lineal (COLE) por método de parafina. Anales de Edafología Agrobiología, 40: 721-725.

En la albaída se observaron las menores tasas de mortalidad, sobre todo en el tratamiento de riego y en el tratamiento combinado residuo + tubo + riego (Tabla 1). El resto de las especies registraron una alta mortalidad que pudo ser debida a la escasez de lluvia. La coscoja fue la que presentó mayor mortalidad, superior al 65 %, llegando incluso a morir todos los pies para el caso del tratamiento control.

Tabla 1. Número de plantas muertas por especie y tratamiento en cada bloque (junio 2001).

Trat.	BLOQUE 1					BLOQUE 2					BLOQUE 3				
	Ac	Qc	Ra	Rl	Jo	Ac	Qc	Ra	Rl	Jo	Ac	Qc	Ra	Rl	Jo
Control	4	12	8	3	6	8	12	3	12	12	3	12	10	6	12
RSU	2	10	8	4	8	5	8	10	12	12	8	8	7	8	9
Tubo	0	5	4	5	4	1	11	4	4	5	5	7	8	4	7
Riego	2	3	3	6	5	8	6	4	10	10	10	3	6	8	8
Combin	0	5	5	3	7	2	5	6	0	10	1	6	7	3	8

Trat. Combin. es el tratamiento combinado RSU + tubo + riego. Ac: *Anthyllis cytisoides*, Qc: *Quercus coccifera*, Ra: *Rhamnus alaternus*, Rl: *Rhamnus lycioides*, Jo: *Juniperus oxycedrus*. S: no hay datos para esa especie en ese tratamiento.

En junio únicamente se observó crecimiento generalizado para la albaída con diferencias significativas entre tratamientos (F= 4.5, p= 0.0339), pero no entre bloques (F=0.79, p=0.4844). Los tamaños de albaída mayores se obtuvieron en el tratamiento combinado (40.04±16.97 cm), seguido del tubo forestal (32.68±15.71 cm). En los tratamientos control, RSU y riego, los tamaños medios de las plantas de albaída no fueron estadísticamente diferentes (Tabla 2). Esto parece indicar que el factor principal que estimuló el desarrollo de las plantas en los primeros meses fue el uso del tubo forestal, que crea un microambiente más fresco alrededor de las plantas. El hecho de que el riego no influyera en el crecimiento pudo ser debido a que cuando se tomaron las medidas de altura había transcurrido apenas tres semanas desde su aplicación. Hay que destacar el importante crecimiento de la albaída incluso en el tratamiento control, lo que demuestra la capacidad de esta especie para desarrollarse en las condiciones desfavorables de las zonas áridas.

No se observaron diferencias significativas en el crecimiento de diámetro basal entre tratamientos (F= 0.40, p= 0.8069) ni entre bloques (F=0.63, p=0.5522).