

CRECIMIENTO DEL ARBOLADO Y PRODUCCIÓN DE PASTO EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL FERTILIZADO CON LODOS DE DEPURADORA URBANA EN UNA ZONA AGRÍCOLA ABANDONADA EN GALICIA

A. RIGUEIRO RODRÍGUEZ, M.R. MOSQUERA LOSADA y M.L. LÓPEZ DÍAZ

E.P.S. Lugo, Dpto. de Producción Vegetal, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo

RESUMEN

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto de la aplicación de distintas dosis de lodo de depuradora y de la fertilización inorgánica normalmente empleada en la zona sobre el crecimiento de los árboles y la producción de pasto en un sistema silvopastoral establecido en una zona agrícola abandonada. El aporte de 19,92 t/ha de lodo fresco (160 kg N/ha) favoreció el crecimiento en diámetro del arbolado y compatible con una adecuada producción de pasto.

PALABRAS CLAVE.- Lodo, *Pinus radiata*, trébol.

ABSTRACT

The aim of this assay was to test the effect of the application of different doses of sewage sludge and inorganic fertilization on pasture production and tree growth in a silvopastoral system. The application of low doses of sewage sludge (160 kg N/ha) improved tree growth maintaining an adequated pasture production.

KEYWORDS.- sewage sludge, *Pinus radiata*, clover.

INTRODUCCIÓN

La producción de lodo de depuradora urbana e industrial en Europa en 1998 rondaba los 7,4 millones de toneladas, y se prevé que esta cantidad se incremente en un 90% hasta el año 2005, debido a la implantación de la nueva normativa de la Unión Europea. La creciente producción de lodos de depuradora está causando serios problemas relacionados con su eliminación. Su contenido en N y materia orgánica, principalmente, hacen que su uso como fertilizante en sistemas agroforestales pueda ser recomendable. El principal problema que presenta su empleo como abono es su contenido en metales pesados y la posibilidad de que estos elementos lleguen al hombre a través de la cadena trófica (BONTOUX *et al*, 1998). En numerosos países se está estudiando la posibilidad de realizar abonados con lodos de depuradora urbana, tanto en repoblaciones forestales (WOLSTENHOLME *et al*, 1992) como en praderas (O'RIORDAN *et al*, 1987).

La mayoría de los sistemas agroforestales tienen como objetivo mejorar la productividad de la tierra a través del aprovechamiento integral de los recursos biofísicos (radiación solar, humedad del suelo y nutrientes) por dos o más especies de plantas. Sin embargo, la competencia entre las especies por los recursos limitados puede suponer un detrimento en el crecimiento de algunas o todas las especies (YUNUSA *et al*, 1995). HAWKE (1991) indica que, en un sistema silvopastoral, un programa de fertilización regular ayudará a mejorar la producción de pasto y conseguir una buena composición específica del mismo.

Actualmente, la conífera más usada en repoblaciones forestales en la provincia de Lugo es el *Pinus radiata* D. Don (RODRÍGUEZ *et al*, 1998). En España, esta especie forestal ocupa unas 250.000 hectáreas, una proporción importante situadas en tierras previamente usadas para la agricultura (ROMANYÀ & VALLEJO, 1996).

Yunusa *et al* (1995) comprobaron que, en una repoblación de *Pinus radiata* de 3 años con una densidad de 1000 pies/ha bajo la que se establecieron diversas combinaciones de especies pratenses, la productividad del sistema era entre un 51 y 95% más alta cuando se comparaba con los sistemas exclusivamente pastorales o forestales, a pesar de que tanto el crecimiento del arbolado como la producción de pasto era mayor cuando ambos crecían por separado. Además, la disminución en la

producción de pasto era menor con la presencia de trébol en el mismo. En este estudio se estimó la relación existente entre la producción anual de pasto y el crecimiento del arbolado, evaluando sus variaciones en función del tipo y nivel de fertilización empleado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó sobre un terreno agrícola abandonado que había sido utilizado anteriormente para el cultivo de la patata, situado en Lugo, a una altitud de 450 m.s.n.m. La precipitación media anual de la zona es de unos 1350 mm. Los análisis de suelo realizados antes de la instalación del ensayo indicaron que éste era un suelo bastante fértil, ligeramente ácido (pH de 6,5), con unos niveles N, P y K de 31,5 gr N kg⁻¹, 0,028 gr P₂O₅ kg⁻¹ y 0,087 gr K₂O kg⁻¹, respectivamente, y una capacidad de intercambio catiónico efectiva débil (6,70 meq/100g).

El ensayo se inició en otoño del año 1997. En primer lugar, se realizó un desbroce con desbrozadora de cadenas y seguido de un pase de grada. A continuación se sembró la siguiente mezcla de especies pratenses: 25 kg/ha de *Lolium perenne* cv. Brigantia, 10 kg/ha de *Dactylis glomerata* cv. Artabro y 4 kg/ha de *Trifolium repens* cv. Huia, con la fertilización mineral tradicional de implantación (120 kg/ha de P₂O₅ y 200 kg/ha de K₂O). Se establecieron dos tipos de parcelas con dos objetivos diferentes: el primer tipo, de 54 m² (2 x 27 m), para estudiar el crecimiento del arbolado, y el segundo tipo, de 24 m² (4 x 6 m), para estimar la producción de pasto bajo los árboles. Sobre ambos tipos de parcelas se plantaron árboles de la especie *Pinus radiata*, de 2 savias y en contenedor, con un marco de plantación de 3 x 2 m.

A principios de la primavera de 1998 se establecieron los siguientes tratamientos como fertilización de mantenimiento: 1) blanco (BL); 2) fertilización inorgánica habitual y recomendada en la zona, que consiste en la aplicación de 40 kg/ha de nitrógeno, 120 kg/ha de P₂O₅ y 100 kg/ha de K₂O, complementada con 40 kg/ha de nitrógeno y 100 kg/ha de K₂O después del primer corte (MIN); 3) 19,92 t/ha de lodo de depuradora fresco (160 kg N/ha) (L160); y 4) 39,83 t/ha de lodo de depuradora fresco (320 kg N/ha) (L320). Los mismos tratamientos se volvieron a aplicar en marzo de 1999 y 2000. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con 3 réplicas cada uno. El aprovechamiento del pasto se realizó mediante siega. Durante el periodo 1998-2000, se realizaron 4 cortes al año: 3 en primavera y 1 en otoño. Para estimar la producción de pasto se tomaron, antes de cada corte, 4 muestras de 0,09 m² al azar en cada una de las parcelas.

El lodo empleado procedía de una planta de depuración de aguas urbanas situada en Lugo, de la empresa GESTAGUA S.A., que procesa las aguas residuales urbanas en Lugo mediante digestión anaerobia. Es un lodo, que por término medio, presenta un contenido en materia seca del 25%, pH alrededor de 7, y unos contenidos en nitrógeno y fósforo Olsen del 2,31% (N) y 839 ppm (P), respectivamente. Es un lodo de buena calidad, ya que su contenido de metales pesados está muy por debajo de los niveles máximos establecidos por la legislación española para su uso agrícola (RD 1310/1990). En las parcelas del primer tipo se midió la altura y diámetro basal de los árboles una vez al año. Para ello se empleó una regla graduada y una pértiga telescópica, según las necesidades de cada momento, en el caso de las alturas y un calibre en el caso de los diámetros. Al realizar las mediciones se desecharon los árboles localizados en los extremos de la parcela para evitar el efecto de borde. Todos los datos se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA, realizando la separación de medias mediante el test Duncan.

RESULTADOS

En la [figura 1](#) se presentan las producciones anuales de pasto (t/ha de materia seca) para cada uno de los tratamientos en los años 1998, 1999 y 2000. En el año de establecimiento de la pradera no se observaron respuestas significativas de la producción de pasto a los tratamientos. En cambio, en los años 1999 y 2000, la fertilización orgánica e inorgánica mejoraron la producción de pasto respecto al blanco. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los distintos tipos de fertilización, ni entre las dosis empleadas en la fertilización con lodo.

La evolución de las alturas y diámetros del arbolado durante el periodo 1998-2000 se

muestran en las [figuras 2a y 2b](#), respectivamente. La significación de las diferencias obtenidas entre los diferentes tratamientos para estas dos variables en las distintas mediciones se recogen en la tabla 1. La altura media de los árboles no se vió afectada significativamente por la fertilización inorgánica u orgánica durante el periodo estudiado. Tampoco se observaron diferencias significativas en el diámetro basal de los árboles sometidos a los distintos tratamientos hasta febrero del 2000. En ese momento, los árboles fertilizados con la dosis baja de lodo (L160) presentaron un mayor diámetro basal que el blanco (BL). Esta misma tendencia continuó hasta el final del ensayo, en septiembre de 2000.

DISCUSIÓN

En el segundo y tercer año, la fertilización orgánica e inorgánica aumentaron la producción de pasto respecto al blanco, pero no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de fertilización, resultados que coinciden con lo obtenido por RIGUEIRO *et al* (2000) en un ensayo realizado en un sistema silvopastoral con *Pinus radiata* fertilizado con lodos de industria láctea, además de fertilización inorgánica. Sin embargo, en el caso de RIGUEIRO *et al* (2000), la respuesta a la fertilización fue significativa desde el primer año del abonado, mientras que en nuestro caso no se mostró hasta el segundo año, si bien hay que destacar que nuestro ensayo está situado en un terreno más fértil. La elevada proporción de trébol presente en nuestro ensayo también contribuye a explicar las diferencias de resultados, en comparación con el ensayo realizado por RIGUEIRO *et al* (2000).

La fertilización en ningún caso favoreció la existencia de diferencias significativas en la altura de los árboles. Sin embargo, sí se pudo observar que mejoró el crecimiento diamétrico medio de los árboles a principios del tercer año, tendencia que continuó hasta el fin del ensayo. Este incremento sólo fue significativo respecto al blanco en el tratamiento L160 (dosis baja de lodo). Según RIGUEIRO *et al* (1997), el uso de lodos incrementa el nivel de materia orgánica del suelo, lo que supone un aporte lento de nutrientes que, probablemente, sean más eficazmente utilizables por el arbolado que la fertilización inorgánica, en momentos en los que la producción de pasto se ve limitada por la sequía. Además, la cantidad total de nitrógeno que se está aplicando con el lodo en el tratamiento L160 es el doble de la que se aplica con el tratamiento mineral (MIN), debido a que se considera que la proporción de N del lodo que se mineraliza el primer año es del 25%, pero se mantendrá en años posteriores un efecto residual que se sumará a las nuevas aportaciones de N con la nueva aplicación del lodo. La falta de respuestas significativas entre las distintas dosis de lodo, en cuanto al crecimiento en altura y diámetro de los árboles en los primeros años puede relacionarse con la menor proporción de trébol en la dosis alta de lodo (L320), respecto a la dosis baja (L160) (LÓPEZ *et al*, 1999), ya que esta leguminosa es menos competitiva que las gramíneas con los árboles y aumenta la disponibilidad de N a través de la fijación simbiótica (GREEN, 1999), la cual se mantiene a niveles adecuados con aplicaciones de N de 120 kg N/ha pero disminuye a medida que se va aumentando la cantidad de N aportada (GONZÁLEZ, 1992).

CONCLUSIONES

El aporte de dosis bajas de lodo favorece el crecimiento en diámetro del arbolado y mantiene una adecuada producción de pasto. El empleo de leguminosas, como el trébol blanco, en plantaciones de *Pinus radiata* favorece también el crecimiento del arbolado.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido desarrollado gracias a la financiación de proyectos FEDER y la colaboración de la empresa GESTAGUA, y en especial de doña Mercedes del Pino Fernández, técnico de esta empresa. Los autores agradecen también a Aurora López Veigas, M^a Luisa Fernández Méndez, Divina Vázquez Varela, Javier Santiago Freijanes y Santiago Rodríguez Expósito la ayuda prestada en los análisis de laboratorio y trabajos de campo.

BIBLIOGRAFÍA

BOE del 1/11/1990. R.D. 1310/1990 del 29 de Octubre 1990. Sobre la regulación de la utilización de los lodos de depuración.

BONTOUX L.; VEGA, M.; PAPAMELETIOU D.; (1998). Tratamiento de las aguas residuales urbanas en Europa: el problema de los lodos. Instituto de prospectiva tecnológica (eds) IPTS, April, report nº 23 European Comisión.

GONZÁLEZ, A. (1992). *Las praderas de gramínea y trébol y la fertilización nitrogenada en Galicia*. En: 100 años de investigación agraria. Ed. Consellería de Aricultura, Xunta de Galicia: 383-393.

GREEN, J.J.; ALIFRAGIS, D.; BADDELEY, J.A.; BAGNARESI, U.; BOHNE, H.; BULFIN, M.; EDWARDS A.C.; HOOKER; WATSON, C.A.; (1999). *Impact of understorey vegetation on tree production in European systems*. En: Grasslands and woody plants in Europe. EGF, vol. 4: 171-176.

HAWKE, M.F. (1991). *Pasture production and animal performance under pine agroforestry in New Zealand*. Forest Ecol. Managem. 45:109-118.

LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; (1999) *Mixed prairie production under pines growing with different sewage sludge doses in lowlands*. Proceedings of the International Occasional Symposium of the E.G.F. Grecia.

O'RIORDAN, E.G.; DODD, V.A.; TUNNEY, H.; FLEMING, G.A. (1987). *The fertiliser nutrient value of an anaerobically digested sewage sludge under grassland field conditions*. Ir. J. Agric. Res. 26: 199-211.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; GATICA-TRABANINI, E. (2000). *Pasture production and tree growth in a young pine plantation fertilized with inorganic fertilizers and milk sewage in northwestern Spain*. Agroforestry Systems 48: 245-256.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; GATICA-TRABANINI, E. (1997). *Replacación de Pinus radiata D. Don sobre pastizal implantado: crecimiento en altura y diámetro en los primeros años*. 2º Congreso Forestal español. Irati. 539-545.

RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; ALVÁREZ-ALVÁREZ, P.; CASTILLÓN-PALOMEQUE, P.A. (1998). *Algunos datos sobre el consumo de planta forestal para replacación en Galicia*. Congreso Internacional Científico-Técnico Forestal del Arco Atlántico. Silleda.

ROMANYÀ, J. Y VALLEJO, V.R. (1996). *Nutritional status and deficiency diagnosis of Pinus radiata plantations in Spain*. Forest Science 42(2): 1-6.

WOLSTENHOLME, R.; DUTCH, J.; MOFFAT, A.J.; BAYES, C.D.; TAYLOR, C.M.A. (1992). *A manual of good practice for the use of sewage sludge in forestry*. Forestry Commission. Bul. 107.

YUNUSA, I.A.M; MEAD, D.J.; LUCAS R.J.; POLLOCK, K.M. (1995). *Process studies in a Pinus radiata-pasture agroforestry system in a subhumid temperature environment. II. Analysis of dry matter yields in the third year*. Agroforestry systems 32: 185-204.

Tabla 1.- Significación de las diferencias entre medias de altura y diámetro del arbolado para cada tratamiento en las diferentes mediciones.

Fechas	Alturas	Diámetros
2/98	ns	ns
3/99	ns	ns
2/00	ns	*
9/00	ns (13%)	*

Significación: ns: $p > 0,05$; *: $p < 0,05$. Letras distintas indican medias diferentes.

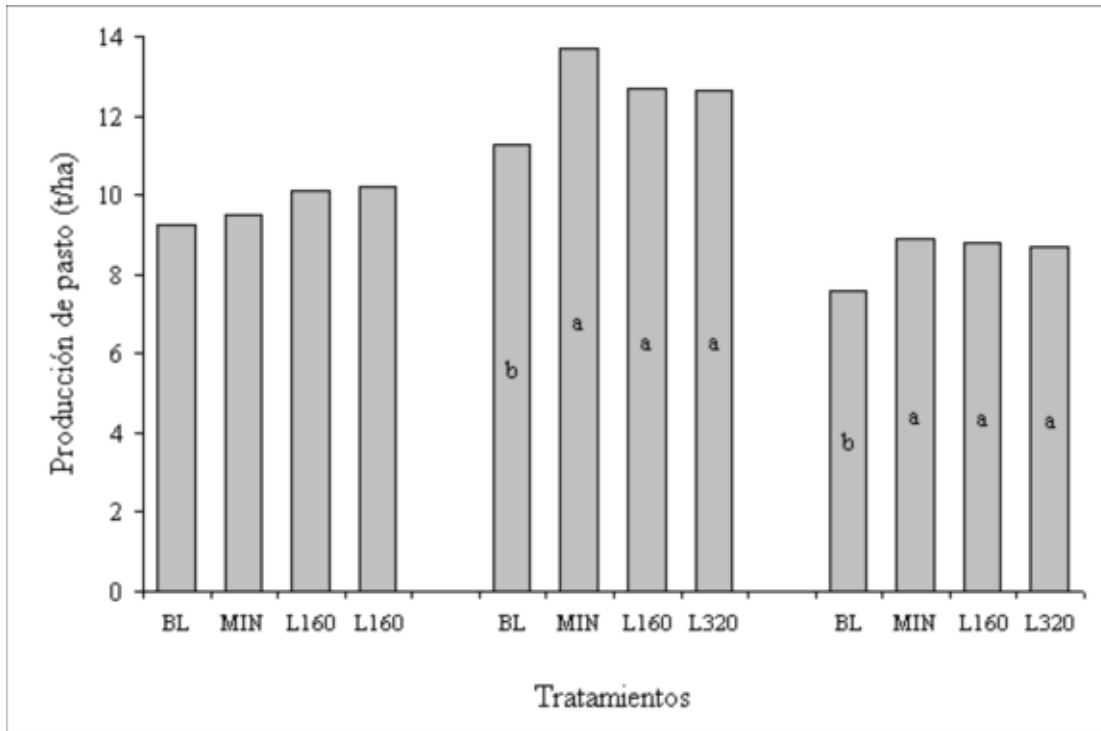


Figura 1.- Producción total anual de pasto (t m.s./ha) durante los años 1998, 1999 y en cada uno de los tratamientos

Tratamientos.- BL: no fertilización; MIN: fertilización mineral; L160: 19,92 t lodo/ha (160 kg N/ha); L320: 39,38 t lodo/ha (320 kg N/ha). Letras diferentes indican medias significativamente distintas

Tratamientos Producción de pasto (t/ha)

BL	9,24
MIN	9,48
L160	10,11
L160	10,22
BL	11,28
MIN	13,69
L160	12,71
L320	12,66
BL	7,6
MIN	8,9
L160	8,77
L320	8,69

[Volver / Return](#)

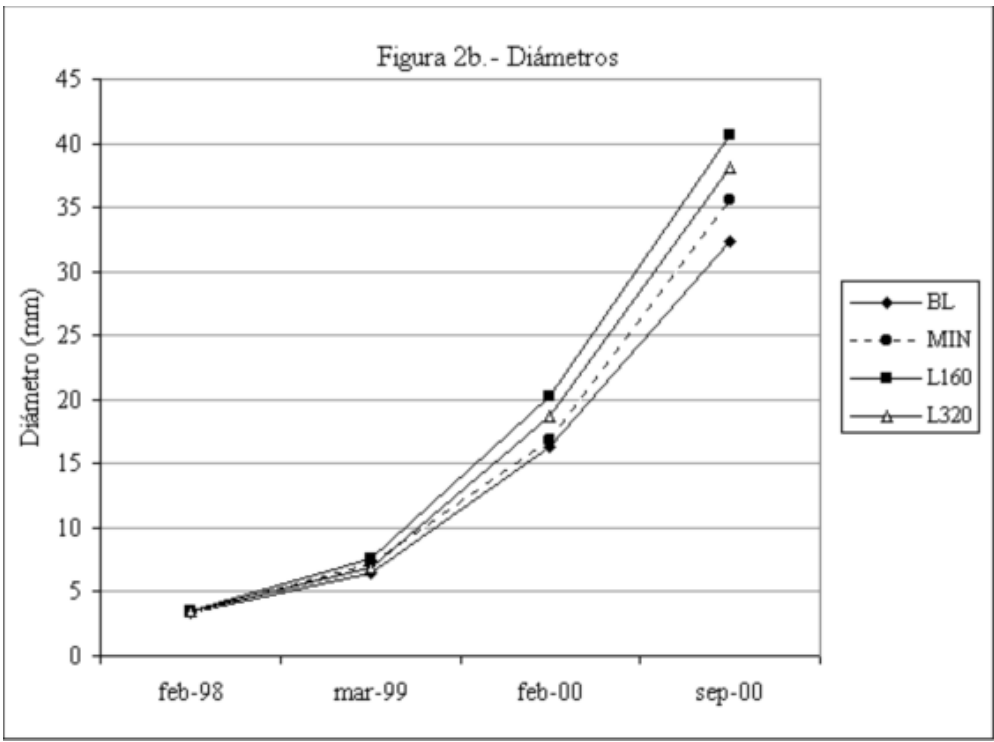
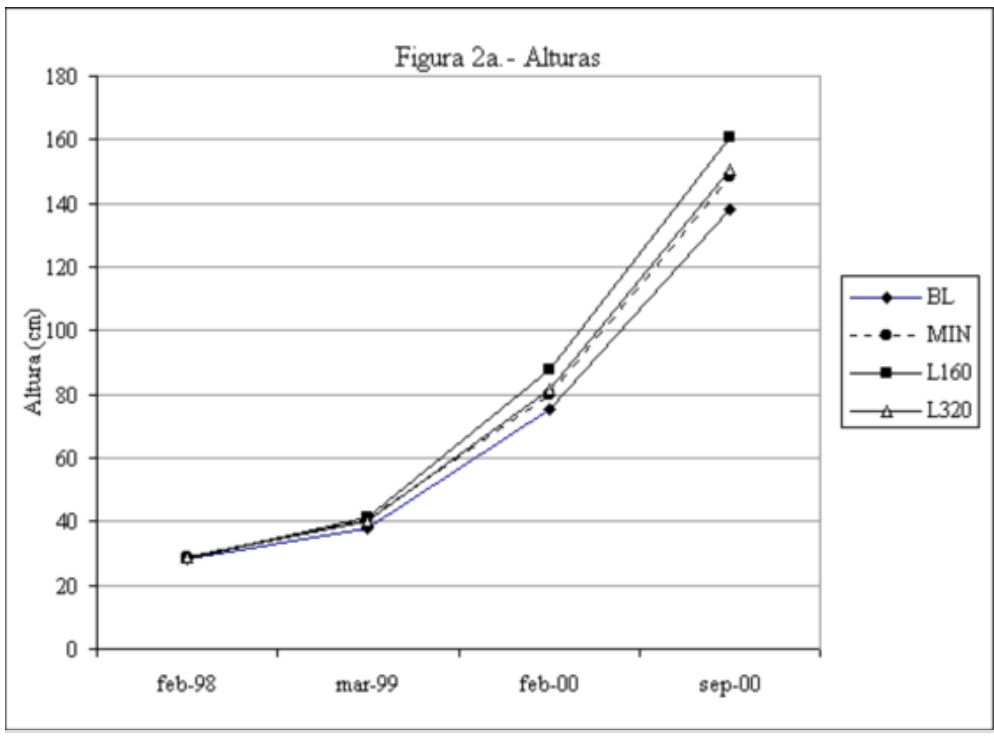


Figura 2a y 2b.- Evolución de la altura (cm) y diámetro (mm) de los árboles en los tratamientos.

Tratamientos.- BL: no fertilización; MIN: fertilización inorgánica; L160: 19,92 t (160 kg N/ha); L320: 39,82 t lodo/ha (320 kg N/ha). Letras distintas indican medias significativamente diferentes.

Altura (cm)	feb-98	mar-99	feb-00	sep-00
Tratamientos				
BL	28,34	37,71	75,16	138,03
MIN	29,1	40,99	79,57	148,58

L160	28,13	41,18	88,01	160,87
L320	28,67	40,41	81,38	150,71

Diámetro (mm)				
Tratamientos	feb-98	mar-99	feb-00	sep-00
BL	3,4	6,5	16,3	32,4
MIN	3,4	7,2	16,9	35,6
L160	3,5	7,6	20,3	40,7
L320	3,5	6,9	18,7	38,1

[Volver / Return](#)