

TÍTULO DEL TRABAJO

“Tolerancia de *Phragmites australis* (Cav.) Trin. y *Typha domingensis* (Pers.) Steudel a la contaminación del agua por efluentes municipales en Noblejas (Toledo)”

TÍTULO RESUMIDO

“Tolerancia de *Phragmites* y *Typha* a la contaminación del agua”

NOMBRE DE AUTORES

Irene Valdés, M^a Dolores Curt* y Jesús Fernández

NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LAS INSTITUCIONES

Dpt. Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal. Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid (Spain)

NÚMERO DE TELÉFONO, FAX Y E-MAIL

Tfno: 91 549 26 92; Fax: 91 549 84 82; e-mail: md.curt@upm.es

FIGURAS Y TABLAS

2 tablas y 2 figuras

TOLERANCE OF *Phragmites australis* (Cav.) Trin. AND *Typha domingensis* (Pers.) Steudel TO WATER CONTAMINATION BY MUNICIPAL WASTEWATER IN NOBLEJAS (TOLEDO, SPAIN)

Irene Valdés, M^a Dolores Curt* and Jesús Fernández

Dpt. Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal. Universidad Politécnica de Madrid

ABSTRACT

In this work two natural stands of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. and *Typha domingensis* Pers. Steudel growing on a watercourse next to the wastewater discharge of Noblejas (Toledo, Spain) are studied for their tolerance to water contamination. Samplings of water were performed every two weeks for three months to determine the parameters pH, electrical conductivity, total suspended solids, settleable solids, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, ammonia, oxidized nitrogen and phosphorus. The results suggested new values of tolerance to water pollution for these two macrophyte species.

KEY-WORDS: Macrophytes, wastewater, water pollution, tolerance.

TOLERANCIA DE *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Y *Typha domingensis* (Pers.) Steudel A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR EFLUENTES MUNICIPALES EN NOBLEJAS (TOLEDO)

RESUMEN

El objeto de este trabajo fue caracterizar el nivel de contaminación del agua en el que dos poblaciones naturales de *Phragmites australis* (Cav.) Trin. y *Typha domingensis* Pers. Steudel crecían en un tramo inmediato al punto de vertido de los efluentes del municipio de Noblejas (Toledo). El agua que bañaba a las dos poblaciones se muestreó con periodicidad quincenal durante un período de tres meses (Marzo-Junio/2004), determinándose pH, conductividad eléctrica, sólidos en suspensión, sólidos sedimentables, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal, nitrógeno oxidable y fósforo total. Los resultados obtenidos permitieron establecer nuevos valores de tolerancia a la contaminación para las dos macrofitas estudiadas.

PALABRAS CLAVE: Macrofitas, agua residual, contaminación, tolerancia.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de macrofitas acuáticas para la depuración de aguas residuales tiene hoy en día gran interés por cuanto que implica el uso de sistemas blandos de depuración de coste reducido respetuosos con el medio ambiente. Estos sistemas se denominan genéricamente 'humedales artificiales', y en contraposición a la sencillez de su apariencia, son sistemas dinámicos y complejos en su funcionamiento, porque combinan procesos físicos, químicos y biológicos en un medio diseñado, construido y manejado por el hombre, en el que la vegetación es un elemento fundamental.

El papel que desempeña la vegetación en los humedales artificiales de tratamiento de aguas residuales ha sido ampliamente debatido en el ámbito científico (Gersberg et al, 1986, Brix 1997). En términos cuantitativos se considera que las principales actuaciones son, por una parte, la de servir de filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas y por otra, la de actuar a modo de soporte activo para el desarrollo de biofilms de microorganismos que actúan purificando el agua. Otros papeles a reseñar son, la oxigenación del medio circundante a la rizosfera y la extracción de nutrientes.

En el diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales por macrofitas se utilizan, entre otros, criterios relacionados con las características del agua a tratar y con las especies vegetales a implantar. Estos aspectos, son inter-dependientes, ya que de la interacción especie-agua residual depende la eficacia del sistema. Para que haya una buena implantación de las plantas y que la vegetación prospere, obviamente no deberán sobrepasarse

los umbrales de tolerancia a la contaminación de las especies que intervienen en el humedal artificial.

El abanico de especies que se utilizan en los humedales artificiales es reducido y en general se centra en especies helofitas o emergentes debido a que los sistemas más extendidos son los que constan de un sustrato para soporte de las plantas, como son los sistemas de flujo superficial y los sistemas de flujo sub-superficial o de lecho de grava. En estos sistemas las especies vegetales más utilizadas son las eneas, género *Typha*, y el carrizo, *Phragmites communis*, ya que en ellas concurren características muy favorables, como son amplia versatilidad ecológica, alta productividad en biomasa, y facilidad de multiplicación.

En este trabajo se estudian las características del agua que discurre en un cauce contaminado por aguas residuales municipales en el que se encuentran arraigadas dos poblaciones naturales aisladas entre sí de *Typha domingensis* y *Phragmites australis*, a fin de determinar la tolerancia de estas poblaciones a la contaminación del agua.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Localización y material vegetal

El trabajo se realizó en el denominado arroyo del Carril, que recibe las aguas residuales municipales de Noblejas (Toledo, España), cuyas coordenadas geográficas son: longitud 3° 26' W, latitud 40° 00'N, y altitud 732 m. En la Figura 1 se muestra la localización del tramo de estudio. El punto de vertido de aguas residuales se encontraba a aproximadamente 1 km de distancia del pueblo en dirección Norte. A unos 600 m de ese punto de vertido crecía a ambos lados del arroyo una densa colonia de *Phragmites australis* (carrizal), a modo de cinturón de aproximadamente 200 m de longitud. Aguas abajo, a unos 3000 m de distancia al punto de vertido, se situaba una colonia de *Typha domingensis* (espadañal o eneal), en manchas irregulares a lo largo de unos 500 m de longitud del arroyo.

2.2. Metodología de muestreo

La recogida de muestras se realizó periódicamente cada quince días durante un periodo de tres meses. El primer muestreo se efectuó el 23 de Marzo de 2004 y el último, el 6 de Junio de 2004. Los muestreos se efectuaron con repetición, recogiendo aproximadamente dos litros del agua que discurría a través de cada una de las poblaciones estudiadas en sendos recipientes de plástico. La única excepción a este procedimiento fue el muestreo de 11/Mayo, en el que, a causa de las lluvias torrenciales, no se pudo acceder a la población de *Phragmites*, pero sí a la de *Typha*. El transporte de las muestras desde Noblejas a laboratorio se realizó con acumuladores de frío para preservar el agua; ya en laboratorio, las muestras se mantuvieron en cámara frigorífica a 4° C hasta realizar las determinaciones analíticas.

2.3. Métodos analíticos

La caracterización del grado de contaminación del agua que bañaba el carrizal y el eneal comprendió las determinaciones de pH, conductividad eléctrica (EC), sólidos totales en suspensión (TSS), sólidos sedimentables (SS), demanda bioquímica de oxígeno (BOD₅), demanda química de oxígeno (COD), nitrógeno amoniacal (N-NH₄), nitrógeno oxidable (N_{ox}) y fósforo total (P). Todas las determinaciones se efectuaron en el Laboratorio de Agroenergética del Dpt. de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal de la ETSI Agrónomos de Madrid, a excepción de la EC, que se realizó *in situ* con un conductímetro de campo dotado de compensación automática de temperatura. Los análisis se efectuaron con repetición para todos los parámetros, excepto para TSS y SS. Una descripción detallada de los

procedimientos analíticos puede encontrarse en AWWA (1999), Rodier (1990) y Marín (1995). Un resumen de los métodos empleados es el siguiente:

- ?? pH: Lectura potenciométrica mediante pH-metro de laboratorio dotado de compensación automática de temperatura
- ?? TSS: Gravimetría tras el filtrado al vacío de la correspondiente alícuota a través de filtro standard de fibra de vidrio de tamaño de poro 1.2 μm .
- ?? SS: Sedimentación en cono Inhoff debidamente aforado.
- ?? BOD₅: Lectura en biómetro digital tras incubación a 25°C durante 5 días.
- ?? COD: Oxidación enérgica (dicromato potásico + ácido sulfúrico en caliente) seguida de valoración por retroceso de dicromato potásico.
- ?? N-NH₄: Destilación Kjeldahl seguida de valoración.
- ?? N_{oxd}: Reducción de la muestra procedente de la determinación anterior (=muestra sin N-NH₄) con aleación Devarda, seguida de destilación Kjeldahl y valoración. Esta determinación es equivalente al N-NO₃ + N-NO₂
- ?? P, Mineralización ácida seguida de análisis espectrofotométrico por reacción con vanadato-molibdato amónico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados medios obtenidos para cada uno de los muestreos realizados se muestran gráficamente en la Figura 2. En la Tabla 1 se recogen los valores medios registrados para los parámetros analizados en el período estudiado y sus correspondientes coeficientes de variación. El rango de valores observados se indica en la Tabla 2.

Según puede observarse, las aguas mostraron niveles de contaminación muy altos durante prácticamente todo el período estudiado; incluso en el muestreo coincidente con lluvias torrenciales (11/Mayo), en el que se registraron los valores mínimos de este estudio, los parámetros analizados tomaron valores indicativos de contaminación. Por ejemplo, en esa fecha los valores de COD, N_{oxd} y P fueron 237, 6.7 y 4.1 mg L⁻¹, respectivamente; como referencia, en la bibliografía se califica que un agua residual presenta contaminación ligera cuando esos mismos parámetros toman valores superiores o iguales a 160, 0.1 y 2 mg L⁻¹, respectivamente (Hernández *et al*, 1990). Las diferencias en calidad del agua entre las zonas de las colonias de macrofitas (Figura 2) mostraron que, aunque los niveles de contaminación de los dos puntos de muestreo (carrizal y eneal) son muy altos, había una ligera tendencia a que en el eneal los valores fueran algo inferiores -aunque no siempre y no para todos los parámetros- probablemente relacionado con el hecho de que éste se localizaba aguas abajo. Por otra parte, hay que indicar que los valores máximos de contaminación soportados por las dos colonias de macrofitas estudiadas (véase Tabla 2) fueron generalmente superiores a los que se relacionan en la bibliografía consultada. Mantovi *et al* (2003) sometieron *Phragmites australis* a un tratamiento con aguas residuales con un alto grado de contaminación, con valores de hasta 1540 mg L⁻¹ para TSS, 887 mg L⁻¹ para BOD₅, 36.4 mg L⁻¹ para N-NH₄, 27.4 mg L⁻¹ de P, y pH de hasta 8.95. Con respecto a *Typha* spp., en el trabajo de Martín y Fernández (1992) se indican valores de 7.3 pH, 0.7 $\mu\text{S cm}^{-1}$ de EC, 11.6 N-NH₄, 6.4 N-NO₃ y 6.1 P, todos ellos por debajo de los valores máximos observados en Noblejas.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten deducir que las poblaciones naturales de *Phragmites australis* y *Typha domingensis* que crecen en el arroyo del Carril (Noblejas, Toledo) soportan niveles muy altos de contaminación del agua causados por los efluentes municipales, y que estos niveles exceden a valores señalados en la bibliografía para las dos

especies de referencia. En definitiva, el trabajo realizado sugiere nuevos valores de tolerancia a la contaminación de *Phragmites australis* y *Typha domingensis*, crecidas como plantas emergentes arraigadas en el terreno; estos nuevos valores serían los valores máximos observados en este estudio.

5. REFERENCIAS

- American Water Works Association (AWWA) (1999). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20nd ed.
- Brix H (1997). Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?. *Water Science and Technology* 35, (5), 11–17.
- Gersberg, RM, Elkins, B.V., Goldman C.R. (1986). Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. *Water Research* 20, 363-368
- Hernández A., Hernández A.L., Galán P. (1990). Manual de depuración Uralita. Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20000 habitantes. Ed. Paraninfo.
- Mantovi, P., Marmioli, M., Maestri, E., Tagliavini, S., Piccinini, S. y Marmioli N. (2003). Application of a horizontal subsurface flow constructed wetland on treatment of dairy parlor wastewater. *Bioresource Technology* 88, 85-94.
- Marín R. (1995). Análisis de aguas y ensayos de tratamientos: Principios y aplicaciones. Ed. Gestió i Promoció Editorial, S.A. Barcelona.
- Martín I. y Fernández, J. (1992). Nutrient dynamics and growth of a cattail crop (*Typha latifolia* L.) developed in an effluent with high eutrophic potential. Application to wastewater purification systems. *Bioresource Technology* 42, 7-12.
- Rodier J. (1990). Análisis de aguas. Ed. Omega.

TABLAS

Tabla 1. Resultados medios (x) y coeficientes de variación (vc) obtenidos para los parámetros: pH, conductividad eléctrica (EC), sólidos totales en suspensión (TSS), sólidos sedimentables (SSS), demanda bioquímica de oxígeno (BOD₅), demanda química de oxígeno (COD), nitrógeno amoniacal (N-NH₄) y nitrógeno oxidable (N_{oxd}) y fósforo (P), para poblaciones naturales de *Phragmites australis* y *Typha domingensis* en Noblejas (Toledo).

	<i>Phragmites australis</i>		<i>Typha domingensis</i>	
	x	vc (%)	x	vc (%)
pH	8.9	3.3	8.4	1.3
EC (µS cm ⁻¹)	7.7	23.6	7.3	36.4
TSS (mg L ⁻¹)	1110	42.6	1264	51.4
SSS (mg L ⁻¹)	125	101.7	105	111.9
BOD ₅ (mg L ⁻¹)	900	28.8	925	58.5
COD(mg L ⁻¹)	1747	31	1484	57.7
N-NH ₄ (mg L ⁻¹)	18	37.6	16	33.5
N _{oxd} (mg L ⁻¹)	5	39.1	6	29.6
P(mg L ⁻¹)	44	64.4	34	62.8

Tabla 2. Rango máximo de parámetros de contaminación observado en Noblejas (Toledo) para poblaciones naturales de *Phragmites australis* y *Typha domingensis*..

	<i>Phragmites australis</i>		<i>Typha domingensis</i>	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
pH	8.2	8.4	8.1	8.3
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	3.7	6.4	1.9	6.1
TSS (mg L^{-1})	318	803	270	871
SSS (mg L^{-1})	2	55	1	39
BOD ₅ (mg L^{-1})	350	670	100	533
COD(mg L^{-1})	785	1311	237	1067
N-NH ₄ (mg L^{-1})	6	12	7	10
N _{oxd} (mg L^{-1})	2	3	2	4
P(mg L^{-1})	7	20	4	19

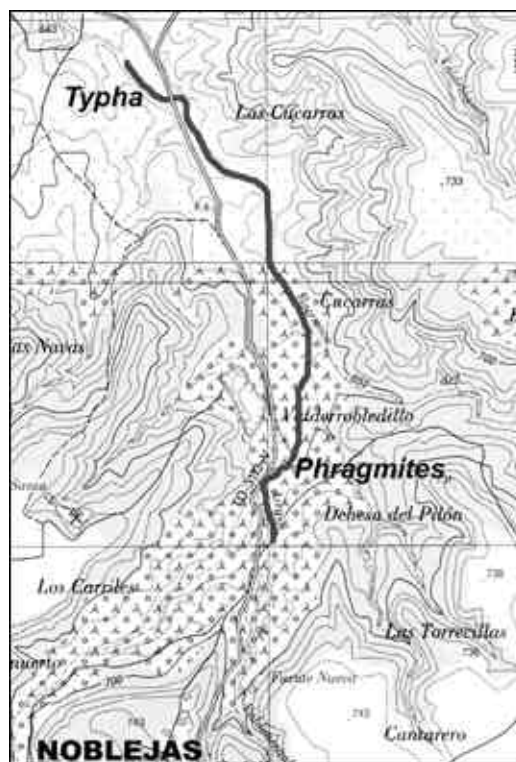


Figura 1. Mapa topográfico del área de estudio. Fuente: Hojas 631-I y 606-III del Mapa Topográfico Nacional de España.

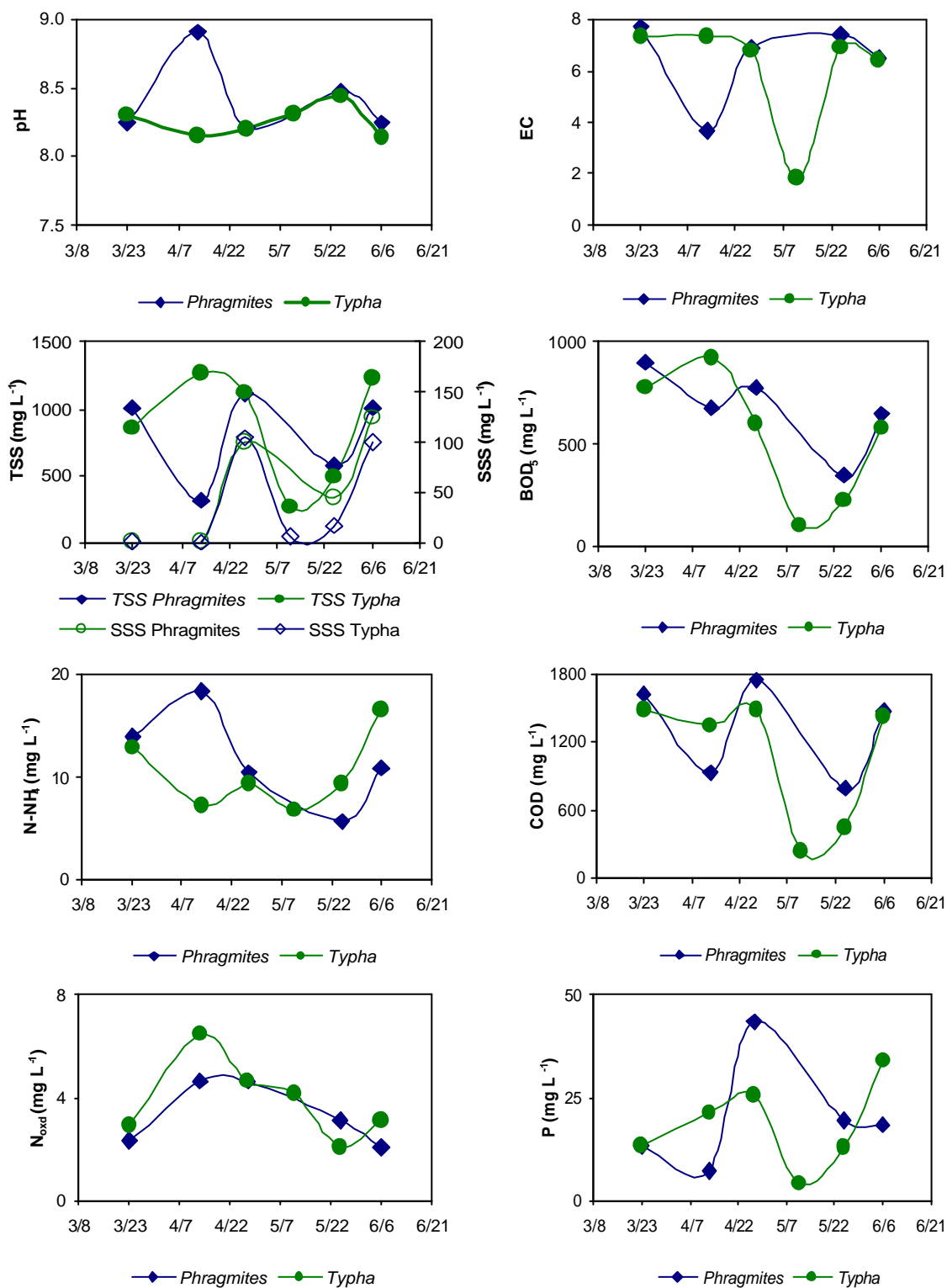


Figura 2. Resultados de las determinaciones analíticas realizadas en el agua circundante a las poblaciones de *Phragmites australis* y *Typha domingensis* durante el periodo de estudio. EC, conductividad eléctrica; TSS, sólidos totales en suspensión; SSS, sólidos sedimentables; BOD₅, demanda bioquímica de oxígeno; COD, demanda química de oxígeno; N-NH₄, nitrógeno amoniacal; N_{oxd}, nitrógeno oxidable; P, fósforo.