

RESUMEN

El embalse Paso de las Piedras, fuente de agua potable de la ciudad de Bahía Blanca y alrededores, se encuentra eutrofizado. El arroyo El Divisorio, afluente directo, aporta altas concentraciones de nutrientes a dicho embalse. Por otro lado, tanto las aguas subterráneas como el arroyo El Divisorio, aportan concentraciones de arsénico que superan los límites permitidos por el Código Alimentario Argentino y la Organización Mundial de la Salud (10 µg/L). Desde hace décadas, el uso de humedales artificiales para la remediación de aguas residuales y eutrofizadas es una técnica aprobada y utilizada con éxito, ya que es una alternativa ecológica, económica y de fácil manejo. El método se basa, al igual que en los humedales naturales, en la combinación de procesos físicos, químicos y biológicos en un medio diseñado, construido y manejado por el hombre. Las plantas de los humedales juegan un rol importante en el proceso de depuración del agua ya que las mismas puede tener papeles activos derivados de la actividad fisiológica y papeles pasivos, en los que intervienen procesos físicos por efecto de la presencia de las plantas en el sistema. Muchas especies de macrófitas son utilizadas como biofiltros en humedales artificiales. La selección de las especies vegetales debe realizarse de acuerdo a la adaptabilidad de las mismas al clima local y a condiciones climáticas diversas, capacidad de transporte de oxígeno de la superficie a la rizósfera, de su tolerancia a altas concentraciones de contaminantes así como de su capacidad para asimilarlos, de su alta presencia en la zona donde se va a instalar el sistema, de la facilidad para recolectarlas y posterior transporte y su fácil autogeneración. En la cuenca del Sauce Grande se encuentra presente la macrófita *Senecio bonariensis* (Compositae) y la macroalga *Cladophora surera* (Chlorophyta). Se construyeron dos humedales funcionando en paralelo en la ribera del arroyo El Divisorio cerca de la desembocadura al embalse Paso de las Piedras y se realizaron bioensayos de laboratorio con ambas especies, utilizando el agua del arroyo y también empleando medios de cultivo variando la concentración de nutrientes y de arsénico. Los objetivos del estudio fueron: 1) Determinar la eficiencia de *S. bonariensis*, para la remoción de nutrientes y de arsénico del agua del arroyo El Divisorio. 2) Analizar la capacidad de bioacumulación de fósforo y nitrógeno de *S. bonariensis* estableciendo una

relación con la producción de biomasa para optimizar el funcionamiento del humedal artificial. 3) Establecer la capacidad de retención de arsénico en los tejidos de *S. bonariensis* mediante ensayos de laboratorio. 4) Evaluar el rol complementario, en la biorremediación del agua del arroyo, de las macroalgas desarrolladas naturalmente en el humedal artificial, cuantificando la concentración celular de nitrógeno, fósforo y arsénico a través de bioensayos en laboratorio. *S. bonariensis* mostró una gran capacidad de adaptación a las condiciones artificiales del humedal construido dado que se obtuvieron plantas vigorosas con gran desarrollo de raíces y una biomasa de $2194,3 \pm 473,2$ g PS/m². Además, el 82% de las plantas florecieron. Durante el periodo experimental de 7 meses con un humedal de 96 m² y una densidad de 7 plantas por m², se pudo remover 70% de nitratos y 50% de fósforo reactivo soluble. *S. bonariensis* mostró gran capacidad de retención de P y N en sus órganos como así también adaptación a concentraciones de nutrientes elevadas (100 mg/L de nitrógeno total y 60 mg/L de fósforo total). Por otro lado, *S. bonariensis* resultó ser un potencial agente de biorremediación de aguas arseniosas ya que soporta concentraciones de arsénico de hasta 5000 µg/L no mostrando toxicidad al mismo. Con respecto a *C. surera* se pudo observar en ensayos de laboratorio una eficiencia de remoción de nitratos del 94% y de fósforo reactivo soluble del 23%. Así mismo, esta especie también demostró tener capacidad de remoción de arsénico desde el agua del arroyo El Divisorio, reduciendo la concentración de arsénico de la columna de agua un 60% en solo 12 días. Por los resultados obtenidos se concluye que *S. bonariensis* resultó ser una especie apta para ser cultivada en humedales con el fin de ser utilizada como biofiltro para la remoción de nitrógeno y fósforo disueltos en la columna de agua del arroyo El Divisorio. Los cultivos hidropónicos bajo condiciones de laboratorio han indicado que *S. bonariensis* es una especie que soporta condiciones de hipereutrofia y que además tolera grandes concentraciones de arsénico. El diseño de un sistema a mayor escala (una hectárea aproximadamente) sería una buena alternativa para mitigar la eutrofización del arroyo El Divisorio como así también para disminuir las concentraciones de arsénico que aporta al embalse Pasos de las Piedras. Además, *S. bonariensis* podría ser empleado como biofiltros de agua arseniosa de cualquier origen. En un futuro, investigaciones sobre la mecánica de extracción de As por parte de la macroalga *C. surera* aportarán datos de

relevancia para optimizar la utilización de este agente en la remoción de As de una columna de agua de cualquier origen. La utilización de humedales artificiales para el saneamiento de cuerpos o cursos de agua es un método ecológico de bajo costo de mantenimiento y fácil manejo operativo, y además, recrea atractivos espacios verdes embelleciendo el área donde se instalen.

ABSTRACT

Paso de las Piedras reservoir, provides water drink to Bahia Blanca city and others cities, it is eutrophic. El Divisorio stream, direct tributary, supply high nutrients concentration in reservoir. Moreover, El Divisorio stream and groundwater provides arsenic concentration what excess allowable limits by Código Alimentario Argentino and World Health Organization. A long time, constructed wetlands are a appropriate technique for remediation wastewater and eutrophic water, since this represent alternative ecological low cost and easy operating management. This technique, as in natural wetlands, is based in the physics, chemistry and biology process combination, in constructed wetlands by man. The vegetation play role very important in the depuration process, since them can have active roles derivate of physiology activity and them can have passive roles, in which join in physics process for effects of plants present in the system. Many macrophytas species are enjoy as biofilters. The selection of species vegetation must realized allow for: adaptability thereof to local weather conditions and various weather conditions; oxygen carrying capacity of the surface to the rhizosphere; the same tolerance to high concentrations of pollutants and their ability to assimilate; its high presence in the area where you are installing the system; the facility to collect them and subsequent transport and easy self-generation. In the basin Sauce Grande river inhabit autochthonous species, macrophyte *Senecio bonariensis* and filamentous macroalgae *Cladophora surera*, which were used as biofilters. Were constructed wetlands operating in parallel, on El Divisorio stream riverside near of the river mouth in Paso de las Piedras reservoir. Further, bioassays were performed, with both species. Culture mediums were stream water and

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aduriz MA, Gargano AO, Chimeno P, Saldungaray MC, Conti VP. 2003. Caracterización de los Agrosistemas predominantes de la Cuenca alta del río Sauce Grande. RIA32 (3):3-26. INTA, Argentina
- Alkorta I, Garbisu C. 2003. Phytoremediation of organic contaminants in soils. *Bioresource Technol.* 79: 273-276
- Alvarado S, Guédez M, Lué-Merú MP, Graterol N, Anzalone A, Arroyo CJ, Záray G. 2008. Arsenic removal from waters bioremediation with the aquatic plants water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and Lesser Duckweed (*Lemna minor*) *Bioresource Technol.* 99: 8436-8440
- Anderson L, Walsh MM. 2007. Arsenic uptake by common marsh fern *Thelypteris palustris* and its potential for phytoremediation. *Sci Total Environ.* 379: 263-265.
- Anderson LCD, Bruland KW. 1991. Biochemistry of arsenic in natural water, the importance of ethylated species. *Environ Sci Technol.* 25: 420-427
- Andreae MO. 1986. Organoarsenic compounds in the environment. En: Craig, P.J (Ed). *Organometallic Compounds in the Environment.* Willey, New York, pp.198-228.
- Ann Y, Reddy KR, Delfino JJ. 2000. Influence of chemical amendments on phosphorous immobilization in soils from a constructed wetland. *Ecol Eng.* 14: 157-167.
- Ansola G, González JM, Cortijo R, de Luis E. 2003. Experimental and full-scale pilot plant constructed wetlands for municipal wastewater treatment. *Ecol Eng.* 21: 43- 52.
- APHA-AWWA-WPCF.1992. Manual de Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales 17th ed. Díaz de Santos S. A., Madrid
- Arias C, Brix H, Johansen N. 2003. Phosphorus retention in subsurface constructed wetlands: Investigations focused on calcareous materials and their chemical reactions. *Wat Sci Tech.* 48 (5): 51-59
- Armengol J. 2000. Análisis y Valoración de los Embalses como Ecosistemas: Dep Ecología. Facultad de Biología Universidad de Barelona, España.
- Armengol, J., Crespo M., Morgui JA. 1984. Phosphorus compounds in the sediment of the Sau reservoir (Barcelona, N. E: Spain) Throughout its twenty-year existence. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 1536-1540.
- Baker 1884. *Senecio rhodaster* Flora de Brasil, 6 (3):316.
- Bartram J, Carmichael W, Chorus I, Jones G, Skulberg O.1999. Introduction. En: Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. Chorus y Batram (Eds.). Published on behalf of the World Health Organization by Spon-Chapman and Hall, London, pp.1-14.
- Beadle CL. 1982. Plant Growth analysis. En: Coombs J, Hall DO. (Eds.), *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis.* Pergamon Press, New York, pp. 20-24.
- Bécares E. 2004. Función de la vegetación y procesos de diseño de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal y flujo superficial. En: García J, Morató J, Bayona J. (Eds.) *Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos.*, España, pp. 52-60.
- Benhima H, Chiban M, Sinan F, Seta P, Persin M. 2008. Removal of lead and cadmium ions from aqueous solution by adsorption onto micro-particles of dry

- plants. *Colloid Surface B.* 61 (1): 10-16.
- Bidwell RGS. 1993 a. Metabolismo Vegetal. En: AGT editor (Ed). *Fisiología Vegetal*. México, pp.207-244.
- Bidwell RGS. 1993 b. Suelo, agua y aire: La nutrición de las plantas. En: AGT editor (Ed.). *Fisiología Vegetal*. México, pp. 265-406.
- Bidwell RGS. 1993 c. Fisiología de las plantas bajo tensión. En: AGT editor (Ed.). *Fisiología Vegetal*. México, pp. 687-702.
- Bissen M, Frimmel FH. 2003 a. Arsenic- a review. Part I: Occurrence, toxicity, speciation, and mobility. *Acta Hydrochim hydrobiol.* 31, 9-18.
- Bissen M, Frimmel, FH. 2003 b. Arsenic- a review. Part II: Oxidation of arsenic and its removal in water treatment. *Acta Hydrochim hydrobiol.* 31, 97-107.
- Bornette G, Amoros C, Lamouroux N .1998. Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. *Freshw Biol.* 39:267–283.
- Bremner JM. 1996. Nitrogen-Total. *Methods of Soil Analysis*. En: Sparks D L (Ed.). *Chemical Methods. Part 3.* Am Soc Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA, pp. 1085-1123.
- Brix H. 1994 a. Use of constructed wetlands in water pollution control: historical development, present status, and future perspective. *Wat Sci Tech.* 30 (8): 209-223.
- Brix H. 1994 b. Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Wat Sci Tech.* 29, 71-78.
- Brix H. 1997. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?. *Wat Sci Tech.* 35 (5): 11-17.
- Bundschuh J, Farias B, Martin R, Storniolo P, Bhattacharya P, Cortes J, Bonorino G, Albouy R. 2004. Groundwater arsenic in the Chaco-Pampean Plain, Argentina: case study from Robles country, Santiago del Estero Province. *App Geochem.* 19, 231-243.
- Cabrera AL.1967. Flora de la provincia de Buenos Aires. Vol. 4. Colección Científica INTA, Buenos Aires.
- Cabrera AL, Klein RM. 1975. Compostas. En: Reitz PR (Eds): *Flora Ilustrada Catarinense*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, Santa Catarina, Brazil.
- Cabrera AL, Zardini EM. 1980. Sinopsis preliminar de las especies argentinas del género *Senecio* (Compositae). *Darwiniana*22: 427-492.
- Cabrera AL, Crisci JV, Delucchi G, Freire SE, Giuliano D, Iharlegui L, Katinas I, Sáenz A, Sancho G, Urtubey E. 2000. Catálogo ilustrado de las compuestas de la provincia de Buenos Aires. COBIOBO (Comisión de Biodiversidad Bonaerense). Convenio Secretaría de Política Ambiental-UNLP, Buenos Aires. pp 136
- Cachiarelli J, Galantini JA., Rosell RA. 2004. Estimación del potencial de desorción de P en los suelos de la Cuenca del arroyo el Divisorio (BA). XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná. Resumen 74
- Cachiarelli J, Galantini JA, Rosell RA. 2008. Estabilidad estructural y P en fracciones de agregados en la cuenca del Aº El Divisorio (Coronel Pringles, BA). *Ci. Suelo (Argentina)* 26(1): 71-79.
- Castro MM. 1987. Estruturas secretoras em folhas de espécies da família Asteraceae: aspectos estruturais e histoquímicos. Tese de Doutorado. Instituto de Bociências, Universidade de São Paulo, SP. pp 374

- Cao T, Xie P, Ni LY, Wu AP, Zhang M, Wu SK, Smolders AJP. 2007. The role of NH_4^+ toxicity in the decline of the submersed macrophyte *Vallisneria spiralis* in lakes of the Yangtze River basin, China. *Mar Freshw Res.* 58:581–587.
- Cao T, Xie P, Ni LY, Zhang M, Xu J. 2009. Carbon and nitrogen metabolism of an eutrophication tolerant macrophyte, *Potamogeton crispus*, under NH_4^+ stress and low light availability. *Environ Exp Bot.* 66:74–78.
- Carbiener R, Tremolieres M, Mercier JL, Ortscheit A. 1990. Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligotrophic stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). *Vegetatio* 86:71–88.
- Carpenter SR; Caraco NF, Corell DL; Howarth RW; Sharpley AN. Smith VH. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol Appl.* 8(3): 559 – 568.
- Chaney RL, Angle JS, Broadhursts CL, Peters CA, Tappero RV, Sparks DL. 2007. Improved understanding of hyperaccumulation yields commercial phytoextraction and phytomining technologies. *J Environ Qual.* 36(5): 1429-1443.
- Chojnacka K. 2010. Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications. *Environ Int.* 36: 299-307.
- Ciardelli MC, Xu H, Sahai N. 2008. Role of Fe (II), phosphate, silicate, sulfate, and carbonate in arsenic uptake by coprecipitation in synthetic and natural groundwater. *Water Res.* 42: 615-624.
- Clarke E, Baldwin AH. 2002 Response of wetland plants to ammonia and water level. *Ecol Eng* 18:257–264.
- Coleman J, Hench K, Garbutt K, Sexstone A, Bissonnette G, Skousen J. 2001. Treatment of domestic wastewater by three plant species in constructed wetlands. *Water Air Soil Poll.* 128: 283–295.
- Coll Aráoz MV, Mercado MI, Grau A, Ponessa GI. 2008. Morfología y anatomía foliar, caulinar y radicular de *Smallanthus macroscyphus* (Asteraceae). *Lilloa* 45: 23-33.
- Comino E, Fiorucci A, Menegatti S, Marocco C. 2009. Preliminary test of arsenic and mercury uptake by *Poa annua*. *Ecol Eng* 35 (3):343-350.
- Cullen WR, Reimer KJ. 1989. Arsenic speciation in the environment. *Chem. Rev.* 89: 713-764.
- CUPA: Código Alimentario Argentino. 1994. Normas oficiales para la calidad del Agua Argentina, Buenos Aires. Disposiciones de la ley 18284 sobre aguas, Cap.XII, Art. 982, 1-19.
- Curt Fernandez de la Mora MD. 2005. Macrófitas de interés en fitodepuración. En: Fernandez Gonzales J, Beascochea EM, Muñoz JM, Curt Fernandez de la Mora MD (Eds.) Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación. España, pp. 91-105
- Curt Fernandez de la Mora MD, Aguado PL, Fernández J. 2005. Nitrogen absorption by *Sparganium erectum* L. and *Typha domingensis* (Pers.) Steudel grown as floaters. Encuentro internacional en fitodepuración. Lorca, España, pp. 203-209.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. 1986. Manual de Técnicas en Histología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur S.A. 83 pp.

- Delbon N, Cosa MT, Dottori N. 2007. Anatomía de los órganos vegetativos en *Flourenzia campestris* y *F. oolepsis* (Asteraceae) con especial referencia a las estructuras secretoras. *Arnaldoa* 14 (1): 61-70.
- de Paula Silva PH, Mc Bride S, de Nys R, Paul NA. 2008. Integrating filamentous 'green tide' algae into tropical pond-based aquaculture. *Aquaculture* 284: 74-80.
- Demars B. 1996. Using aquatic macrophytes for assessing water trophic level in a lowland river system. Master of Science and Technology. Natural Resource development. University of Corsica. pp 32.
- Deng L, Sua Y, Sua H, Wang X, Zhu X. 2007. Sorption and desorption of lead (II) from wastewater by green algae *Cladophora fascicularis*. *J Hazard Mater* 143: 220-225.
- Deng L, Zhang Y, Qin J, Wang X, Zhu X. 2009. Biosorption of Cr(VI) from aqueous solutions by nonliving green algae *Cladophora albida*. *MinerEng.* 22(4): 372-377.
- Deviller G, Aliaume C, Franco-Nava MA, Casellas C, Blancheton JP. 2004. High rate algal pond treatment for water reuse in an integrated marine fish recirculating system: effect on water quality and seabass growth. *Aquaculture* 235: 331-344.
- Dhankar OP, Li Y, Rosen BP, Shi J, Salt D, Senrcoff JE. 2002. Engineering tolerance and hyperaccumulation of arsenic in plants by combining arsenic reductase and gamma-glutamylcysteine synthetase expression. *Nat Biotechnol.* 20: 1140-1145.
- Dickinson NM, Baker AJM, Doronila A, Laidlaw S, Reeves RD. 2009. Phytoremediation the inorganics: realism and synergies. *Int J Phytoremediat* 11: 97-114.
- Dubinsky Z. 1986. Productivity of Algae Under Natural Conditions. En Richmond Amos (Ed.) *Handbook of Microalgal Mass Culture*. CRC Press. Inc., U.S.A, pp. 101-115.
- Endemonds JS, Francesconi KA. 1997. Arsenic and marine organisms. *Adv. Ing.Chem.* 44: 147-189.
- Edmonds JS, Francesconi KA. 2003. Organoarsenic compounds in the marine environment. En: Craig PJ, Wiley J & Sons, Ltd. (Ed), *Organometallic Compounds in the Environment*, New York, pp. 195-222.
- Echenique RO, Ferrari L, González D. 2001. Cyanobacterial blooms in Paso de las Piedras Reservoir (Buenos Aires, Argentina). *Harmful Algae News (UNESCO)* 22:3.
- EPA, Agencia de Protección Ambiental. 1996. Method 3050B: Acid digestion of sediments, sludges and soils. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.epa.gov/sw-846/pdfs/3050b.pdf>
- Fair GM; Geyer JC, Okun DA. 1981. Purificación de Aguas. Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Editorial Limusa. Mexico. Vol. II., pp 764.
- Feijoó CS, Lombardo RJ. 2007. Baseline water quality and macrophyte assemblages in Pampean streams: A regional approach. *Water Res.* 41(7): 1399-1410.
- Fernández C, Parodi ER, Cáceres EJ. 2009. Limnological characteristics and trophic state of an inland reservoir in Argentina. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 14: 85-101.
- Ferrer NC. 1998. Biología y taxonomía de las Zygnemataceae (Zygnematophyceae, Chlorophyta) del sur de la Provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral UNS:

- Franceschi EA, Prado DE, Lewis JP. 2007. La vegetación de los humedales de la llanura de inundación del río Paraná. Bol. Soc. Argent. Bot. 42 (Supl.) 10 pp.
- Fran-Jaco WA, Van der Nat, Middelburg JJ. 1998. Effects of common macrophytes on methane dynamics in freshwater sediments. Biogeochemistry 43: 79-104.
- Fraser, LH, Carty SM, Steer D. 2004. A test of four plant species to reduce total nitrogen and total phosphorus from soil leachate in subsurface wetland microcosms. Bioresource Technol. 94, 185-192.
- Freire SE, Urtubey E. 2000. Compuestas Medicinales de la Provincia Biogeográfica Pampeana: Claves para su Determinación e Iconografías. Parte V: Compuestas con Capítulos Dimorfos o Trimorfos y con Papus (Grupos 6 y 7). Acta Fa Bonaerense 19 (3): 165-184.
- Freire SE, Arambarri AM, Bayón ND, Sancho G, Urtubey E, Monti C, Novoa MC, Colares MN. 2005. Epidermal characteristics of toxic plants for cattle from the Salado River basin (Buenos Aires, Argentina). Bol. Soc. Argent. Bot., 40(3-4): 241-281.
- García J. 2004. Humedales construidos para controlar la contaminación: Perspectivas sobre una tecnología en expansión. En: García J., Martó J., Bayona J (Eds.) Nuevos criterios para el diseño y la operación de humedales construidos. España, pp 100.
- García J, Mujeriego R. 1997. Humedales construidos de flujo superficial para tratamiento terciario de aguas residuales urbanas en base a la creación de nuevos ecosistemas. Tecnoambiente 75: 37-42.
- Garnier J, Némery J, Billen G, Théry S. 2005: Nutrients dynamics and control of eutrophication in the Marne River system: modelling the role of exchangeable phosphorus. J Hydrol. 304: 397-412.
- Gersberg RM, Elkins BV, Goldman CR. 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Water Res. 20: 363-368.
- Gómez N, Sierra MV, Cortelezzi A, Rodrigues Capítulo A. 2008. Effects of discharges from the textile industry on the biotic integrity of benthic assemblages. Ecotax Environ Safe. 69:472-479.
- Gómez PC, Orioli GA, Sabbatini MR. 2004. *Senecio bonariensis*, potencial agente de fitorremediación en la cuenca alta del río Sauce Grande. Resúmenes II Reunión Binacional de Ecología- Ecología en tiempos de cambios. p.305.
- Gopal B. 1999. Natural and constructed wetlands for wastewater treatment: Potentials and Problems. Water Sci Technol 40(3): 27-35.
- Greenway M, Woolley A. 1999. Constructed wetlands in Queensland: Performance efficiency and nutrient bioaccumulation. Ecol Eng. 12: 39-55.
- Greenway M, Woolley A. 2000. Change in plant biomass and nutrient removal by plants over three years in a constructed free water surface wetlands in Cairns, Australia: En: Procc. 7mo Int. Conf. Wetlands System for Water Pollution Control. Orlando.
- Grover JP, Chrzanowski TH. 2004. Limiting resources, disturbance, and diversity in phytoplankton communities. Ecol Monogr. 74(3): 533-551.
- Gubelit YI, Berezina NA .2010. The causes and consequences of algal blooms: The *Cladophora glomerata* bloom and the Neva estuary (eastern Baltic Sea) Mar Pollut Bull. 61: 183-188.
- Hach CC, Browden BK, Kopelove AB, Brayton ST. 1987. More powerful peroxide kjeldahl digestion method. JAOAC. 70: 783-787.

- Han MJ, Hao J, Christodoulatos C, Korfiatis LJW, Meng X. 2007. Direct evidence of arsenic (III)-carbonate complexes obtained using electrochemical scanning tunneling microscopy. *Anal Chem.* 79: 3615-3622.
- Hansen HK, Ribeiro A, Mateus E. 2006. Biosorption of Arsenic (V) with *Lessonia nigrescens* *Minerals Eng.* 19: 486-490.
- Hasegawa H. 1997. The behavior of trivalent and pentavalent methylarsenicals in Lake Biwa. *Appl Organomet Chem.* 11: 305-311.
- Hasegawa H, Azizur Rahman M, Matsuda, T, Kitahara, T Maki, T, Ueda K. 2009. Effect of eutrophication on the distribution of arsenic species in eutrophic and mesotrophic lakes. *Sci Total Environ.* 407: 1418-1425.
- Hasegawa H, Azizur Rahman M, Kitahara K, Itaya Y, Maki T, Ueda K. 2010. Seasonal changes of arsenic speciation in lake waters in relation to eutrophication. *Sci Total Environ.* 408: 1684-1690.
- Hayashi L, Yokoya NS, Ostini S, Pereira RTL, Braga ES, Oliveira EC. 2008. Nutrients removed by *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in integrated cultivation with fishes in re-circulating water. *Aquaculture* 277: 185-191.
- He P, Xu S, Zhang H, Wen S, Dai Y, Lin S, Yarish C. 2008. Bioremediation efficiency in the removal of dissolved inorganic nutrients by the red seaweed, *Porphyra yezoensis*, cultivated in the open sea. *Water Res.* 42: 1281-1289.
- Heritage A, Pino Pistillo KP, Lantzke IR. 1995: Treatment of primary-settled urban sewage in pilot-scale vertical flow wetland filters: Comparison of four emergent macrophyte species over a 12 month period. *Water Sci Technol* 32(3): 295-304.
- Hitzfeld BC; Höger SJ, Dietrich DR. 2000. Cyanobacterial Toxins: Removal during Drinking Water Treatment and Human Risk Assessment. *Environ Health Persp.* 108(1): 113 – 122.
- Hooker et Arnott, 1841. *Senecio bonariensis*. *Journal of Botanic* 3: 340.
- Huez Lopez MA; Samani Z; Lopez Elías J; Álvarez Aviles A, Preciado Flores F. 2008. Efecto de un extracto vegetal en la germinación de semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones salinas. *Biotecnia* 10(3): 11-19.
- Hunt R. 1978. *Plant growth Analysis Studies in Biology*. Edward Arnold Ltd., London, pp 67.
- Huston M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *Am Nat* 113:81–101
- Intartaglia C, Sala SE. 1989. Variación estacional del fitoplancton en un lago no estratificado: Embalse Paso de las Piedras, Argentina. *Rev. Brasil. Biol.* 49(4): 873-882.
- James C, Fisher J, Russell V, Collings S, Moss B. 2005. Nitrate availability and hydrophyte species richness in shallow lakes. *Freshw Biol* 50:1049–1063.
- James JE. 1999. The Pathway To Noxious Cyanobacteria Blooms In Lakes: The Food Web As The Final Turn. *Freshwater Biology* 42(3): 537 - 543.
- James WF, Barko JW, Eakin HL 2004 Impacts of sediment dewatering and rehydration on sediment nitrogen concentration and macrophyte growth. *Can J Fish Aquat Sci* 61:538–546.
- Jampeetong A, Brix H. 2009. Effects of NH₄⁺ concentration on growth, morphology and NH₄⁺ uptake kinetics of *Salvinia natans*. *Ecol Eng* 35:695–702.
- Jampeetong A, Brix H. 2009. Nitrogen nutrition of *Salvinia natans*: Effects of inorganic nitrogen form on growth, morphology, nitrate reductase activity and uptake kinetics of ammonium and nitrate. *Aquatic Bot.* 90: 67–73.

- Jespersen DN, Sorrell BK, Brix H. 1998. Growth and root oxygen release by *Typha latifolia* and its effects on sediment methanogenesis. *Aquatic Bot.* 61: 165-180.
- Jiang Z, Xinyuan Z. 1998: Treatment and utilization of wastewater in the Beijing Zoo by an aquatic macrophyte system. *Ecol Eng.* 11: 101-110.
- Justin SH, Amstrong W. 1987. The anatomical characteristics of roots and plant response to soil flooding. *New Phytologist* 106: 465-495.
- Kadlec RH, Knight RL. 1996. *Treatment Wetlands*. CRC Press, Boca Ratón, FL. 893 pp.
- Kadlec RH, Knight RL, Vymazal J, Brix H, Cooper P, Haberl R. 2000. *Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation*. IWA Publishing, 156 pp.
- Klich MG, Pelegrini CN, García ME. 1994. *Guía de conocimientos básicos sobre Inclusión, Corte y Coloración Diferencial de Material Vegetal*. U.N.S.
- Hoek van den C, Mann DG, Jahns HM. 1995. *Algae: An introduction to Phycology*. Chlorophyta: Class 3. Ulvophyceae. Cambridge University Press, pp. 391-408.
- Kohler A. 1975. Submerse Makrophyten und ihre Gesellschaften als Indikatoren der Gewässerbelastung. *Beiträge Naturkundlichen Forschung in Suedwestdeutschland Beihefte* 34:149-159
- Koottatep T, Polprasert C. 1997. Role of plant uptake of nitrogen removal in constructed wetlands located in the tropics *Wat Sci Tech.* 36(12):1-8.
- Lamberto SA, Valle AF, Andrada AC, Sabbatini MR, Irigoyen JH, Vernavá MN, Aramayo EM. 2003. Vegetación ribereña en la cuenca del Sauce Grande y su relación con la calidad del agua de los tributarios del sistema Libro de resúmenes de la XXIX Jornadas Argentinas de Botánica & XV Reunión Anual de la Sociedad Botánica de Chile pp.229.
- Lampert W, Sommer U. 1997. Ecosystem Perspectives. En *Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams*. Oxford University Press, N. Y, pp. 288 - 337.
- Larson JS, Adamus PR, Clairain EJ. 1989. *Functional Assessment of Freshwater Wetlands: A Manual and Training Outline*. University of Massachusetts, Amherst, MA 62 pp.
- Lersten NR, Curtis JD. 1986. Tubular cavities in white snakeroot, *Eupatorium rugosum* (Asteraceae). *Amer. J. Bot.* 73: 1016-1021.
- Lersten NR, Curtis JD. 1987. Internal secretory spaces in Asteraceae: a review and original observations on *Conyza canadensis* (Tribe Astereae). *La Cellule* 74:179-1196.
- Litav M, Lehrer Y. 1978. Effects of ammonium in water on *Potamogeton lucens*. *Aquat Bot* 5:127-138.
- Lopez ML, Peralta-Videa JR, Parsons JG, Gardea-Torresdey JL. 2008. Concentration and biotransformation of arsenic by *Prosopis* sp. Grown in soil treated with chelating agents and phytohormones. *Environ Chem* 5: 1-12.
- López NC, Scheffer JC, Alioto R, Belleggia F, Parodi ER, Siniscalchi AG. 2007. Humedal artificial a flujo superficial diseñado a escala piloto para la remoción de nutrientes afluentes al Embalse Paso de las Piedras, Argentina. *AIDIS. Ingeniería Ambiental y Sanitaria* 95: 50-54
- López NC. 2008. Optimización de la operación de un humedal artificial para el mejoramiento de la calidad del agua del arroyo El Divisorio, afluente al embalse Paso de las Piedras. Tesis Magister en Ingeniería UNS. pp 204.

- Luna DS., Salusso MM, Moraña LB. 2002. Procesos de autodepuración en Ríos y Embalses del Noroeste Argentino (Salta y Tucumán). Producciones Científicas. Sección Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. pp 12
- Luque Arias R, Estrada Sanchez JC. 2004. Características de la endodermis en la raíz de *Coespeletia* (Asteraceae). *Caldasia* 26(1) 53-60.
- Ma LQ, Komar KM, Tu C, Zhang W, Cai Y, Kennelley ED. 2001. A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature* 409-579.
- Maeda S, Wada H, Krumeda K, Onoue M, Ohki, A, Higashi S, Takeshira T. 1987. Methylation of inorganic arsenic by arsenic-tolerant freshwater algae. *Appl. Organomet. Chem.* 1: 465-472.
- Madejon P, Murillo JM, Marañon T, Cabrera F, Lopez R. 2002. Bioaccumulation of As, Cd, Cu, Fe and Pb in wild grasses affected by the Aznalcollar mine spill (SW Spain). *Sci. Total Environ.* 290 (1-3): 105-120.
- Mäemet H, Palmik K, Haldna M, Sudnitsyna D, Melnik M. 2010. Eutrophication and macrophyte species richness in the large shallow North-European Lake Peipsi. *Aquat Bot.* 92: 273-280.
- Maine MA, Suñe N, Caffarratti S, Hadad H, Sánchez G, Bonetto C. 2005. Comparación de la eficiencia de un wetland construido para tratamiento de efluentes con un wetland piloto previo. *Conagua* p 105.
- Marchena Matos AJ, 2002. Indicadores bióticos y abióticos del recurso hídrico en la cuenca alta del río Sauce Grande, provincia de Buenos Aires y su dinámica temporal y espacial. Tesis Doctoral, UNS. 2002-578.
- Marinho-Soriano E., Nunes SO, Carneiro MAA, Pereira DC. 2009. Nutrients removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. *Biomass Bioenerg* 33: 327-331.
- McCormick PV, Stevenson RJ, 1998. Periphyton as a Tool for Ecological Assessment and Management in the Florida Everglades. *J. Phycol.* 34: 726 – 733.
- Meharg AA, Macnair MR. 1990. An altered phosphate uptake system in arsenate tolerant *Holcus lanatus* L. *New Phytol.* 116: 29-35.
- Meharg AA, Macnair MR. 1991. Uptake, accumulation and translocation of arsenate tolerant and non tolerant *Holcuslanatus* L. *New Phytol.* 117: 225-231.
- Melo EEC, Costa ETS, Guilherme LRG, Faquin V, Nascimento CWA. 2009. Accumulation of arsenic and nutrients by castor bean plants grown on an As-enriched nutrient solution. *J Hazard Mater* 168: 479-483.
- Merz SK. 2000. Guidelines for Using free water surface constructed wetlands to treat municipal sewage. Queensland Department of Natural Resource Brisbane Australia.
- Metcalf CB, Chalk L. 1957. *Anatomy of the Dicotyledons II*: Oxford at the Clarendon Press, 297 pp.
- Miller A, Cramer M. 2005. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant Soil* 274:1–36.
- Mitsch WJ, Gosselink JG. 1993. *Wetlands*. 2da edición. Van Nostrand Reinhold. Nueva York pp 722.
- Mkandawire M, Lyubun YV, Kosterin PV, Dudel EG. 2004. Toxicity of Arsenic Species to *Lemna gibba* L. and the influence of Phosphate on Arsenic Bioavailability. *Environ toxicology.* 19 (1): 26-34.
- Monteiro WR, Castro MM, Fahn A, Caldeira W. 1995. Observations on the

- development of foliar secretory cavities of *Porophyllum lanceolatum* (Asteraceae). Nord. J. Bot. 15: 69-76.
- Morread K, Reddy KR. 1998. Oxygen transport through selected aquatic macrophytes. J Environ Qual 17:138-142.
- Mulbry W, Kondrad S, Buyer J. 2008. Treatment of dairy and swine manure effluents using freshwater algae: fatty acid content and composition of algal biomass at different manure loading rates. J Appl Phycol. 20:1079–85.
- Mulvaney RL. 1996. Nitrogen Inorganic Forms. En: Sparks D L (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA. 1123-1184.
- Nicolli H, Suriano J, Gómez Peral M, Ferpozzi L, Baleani O. 1989. Groundwater contamination with arsenic and other elements in an area of the Pampa, province of Córdoba, Argentina. Environ Geol Water Sci. 14: 1-15.
- Nigam R, Srivastava S, Prakash S, Srivastava MM. 2001. Cadmium mobilisation and plant availability: The impact of organic acids commonly exuded from roots. Plant Soil 230 (1): 107-113.
- Nissen P, Benson AA. 1982. Arsenic metabolism in freshwater and terrestrial plants. Physiol. Plant. 54: 446-450.
- Nyakang'o JB, van Bruggen JJA. 1999. Combination of a well functioning constructed wetland with a pleasing landscape design in Nairobi, Kenya. Water Sci. Technol. 40: 249–256.
- OCDE 1982. Eutrophication of water: monitoring, assessment and control. Organization of Economic Co-operation and Development, Paris 154 pp.
- Oden KL, Gladysheva TB, Rosen BP. 1994. Arsenate reduction mediated by the plasmid-encoded ArsC protein is coupled to glutathione. Mol. Microbiol. 12: 301-305
- OMS-Organización Mundial de la Salud, 1995. Guías para la calidad del agua potable, Segunda Edición, Volumen 1, Recomendaciones, Ginebra. 43-45.
- Orioli G, Sabbatini M, Marchena J, Vazquez R. 2008. The impact of agricultural land use on stream chemistry and inputs to an inland reservoir: case of the Sauce Grande River, Argentina. Hydrol Sci.–J. 53(4): 834-843.
- Palmer CM. 1964. Algae in Water Supplies of the United States. En: Algae and Man. Jackson DF. (Ed.), Plenum Press, N Y. 239 – 261.
- Paolini JD, Fiorentino CE, Sequeira M, Echeverria N. 2000. Spatial variability and concentration of arsenic in the groundwater of a region in southwest Buenos Aires Province, Argentina. J Soil Water Conserv 55: 436-438.
- Parodi ER. 1990. Biología, Cariología, Ultraestructura y Taxonomía de Cladophoraceae del sur de la provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral UNS.
- Parodi ER, Cáceres EJ. 1993. Life history of freshwater populations of *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Cladophorales, Chlorophyta), Eur J Phycol. 28(1): 69-74
- Parodi ER, Estrada V, Trobbiani N, Argañaraz Bonini G. 2004. Análisis del estado trófico del embalse Paso de las Piedras (Buenos Aires, Argentina). Resúmenes II Reunión Binacional de Ecología- Ecología en tiempos de cambios. p.178
- Parodi ER, Trobbiani N, Estrada V, Argañaraz Bonini G. 2005 Proliferaciones masivas de Cianofíceas en el Embalse Paso de las Piedras. CONAGUA 2005.
- Peckol P, Rivers JS. 1995. Physiological responses of the opportunistic macroalgae *Cladophora vagabunda* (L.) van den Hoek and *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan)

- to environmental disturbances associated with eutrophication J Exp Mar Biol Ecol. 190: 1-16.
- Pérez- Olmadilla M, Rojo C. 2000. Función depuradora de los humedales I: una revisión bibliográfica sobre el papel de los macrófitos. Humedales mediterráneos.1: 115-122
- Peteecrew EL, Kalff J. 1992. Water flow and clay retention in submerged macrophyte bed.Can. J. Fish.Aquat. Sci. 49: 2483-2489.
- Picard CR, Fraser LH, Steer D. 2005. The interacting effects of temperature and plant community type on nutrient removal in wetland microcosms. Biorresource Technol. 96: 1039-1047.
- Pickering IJ, Prince RC, George MJ, Smith RD, George GN, Salt DE. 2000. Reduction and coordination of arsenic in Indian mustard. Plant Physiol 122: 1171-1177.
- Pizzolon L, Tracanna B, Prósperi C, Guerrero R. 1999. Cyanobacterial blooms in Argentinean inland waters. Lake Reserv Manage. 4: 1–5.
- Pollock MM, Naiman RJ, Hanley TA. 1998. Plant species richness in riparian wetlands: a test of biodiversity theory. Ecology 79:94–105.
- Rahman MA, Hasegawa H, Ueda K, Maki T, Okumura C, Rhaman MM. 2007. Arsenic accumulation in duckweed (*Spirodela polyrhiza* L): a good option for phytoremediation. Chemosphere 69: 493-499.
- Rahman MA, Hasegawa H, Ueda K, Maki T, Rhaman MM. 2008. Arsenic uptake by aquatic macrophyte *Spirodela polyrhiza* L.: Interactions with phosphate and iron. J Hazard Mater.160: 356-361.
- Rai UN, Sinha S, Tripathi RD, Chandra P. 1995. Wastewater treatability potential of some aquatic macrophytes: Removal of heavy metals. Ecol Eng. 5: 5-12.
- Rast W, Ryding SO. 1992. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Editorial Pirámides, Madrid 370 pp
- Rast W, Smith V, Thornton H. 1992. Características de la eutrofización. En: El control de la eutrofización en lagos y pantanos. 65-91
- Reed SC, Crites RW, Middlebrooks EJ. 1995. Natural systems for waste management and treatment. MCGraw-Hill. New York, 431pp
- Reisinger HJ, Buris DR, Hering JG. 2005. Remediating subsurface arsenic contamination with monitored natural attenuation. Environ. Sci. Technol. 36: 458-464.
- Rheinheimer G. 1991. Aquatic microbiology, 4ta ed. John Wiley & Sons, New York, 363 pp.
- Richardson CJ, Schwegler BR. 1986. Algal bioassay and gross productivity experiments using sewage effluent in a Michigan wetland. Water resources bulletin. American Water Resources Association 22 (1):111-120.
- Rivas Hernández A, Pozo RF; Mantilla Morales G, López Ramírez E, Brena Zepeda JE, Sánchez Castañeda LF, Sotelo Romero ND, Muñoz Peñaloza K. 2005. Uso de humedales, alternativa ecológica y sustentable para la recuperación del lago de Pátzcuaro, México. Conagua 2005. p 134.
- Robinson B, Schulin R, Nowack B, Roulier S, Menon M, Clothier B, Green S, Mills T. 2006. Phytoremediation for the management of metal flux in contaminated sites. Forest Snow Landscape Res. 80: 221-234.
- Romero JA, Comfn FA, Garcf C.1999. Restored wetlands as filters to remove nitrogen. Chemosphere 39 (2):323-332.

- Rosen BP. 2002. Biochemistry of arsenic detoxification. *FEBS Lett.* 529: 86-92.
- Sabbatini MR, Murphy KJ, Irigoyen JH. 1998. Vegetation–environment relationships in irrigation channel systems of southern Argentina. *Aquat Bot* 60: 119–133.
- Sancha AM, Castro ML. 2001. Arsenic in Latin America: Occurrence, exposure, health effects and remediation. En: Chapell WR, Abernathy CO, Calderon RL. (Eds.), *Arsenic Exposure and Health Effects IV*. Elsevier, Amsterdam, pp. 87–96.
- Sanders JG, Riedel GF. 1993. Trace element transformation during the development of an estuarine algal bloom. *Estuaries* 16: 521-532.
- Sanders JG, Windom HL. 1980. The uptake and reduction of arsenic species by marine algae. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 10 (5): 555–567.
- Schaeffer R, Francesconi KA, Kienzl N, Soeroes C, Fodor P, Varadi L, Raml R, Goessler W, Kuehnel D. 2006. Arsenic speciation in freshwater organisms from the river Danube in Hungary. *Talanta* 69: 856–86.
- Schefer JC. 2004. Los recursos hídricos y el abastecimiento de agua. Región de Bahía Blanca. .CAPADE 132 pp.
- Sharma VK, Sohn M. 2009. Aquatic arsenic: Toxicity, speciation, transformations, and remediation. *Environ Inter.* 35: 743-759.
- Silva CM, Bolzan AA, Mallmann CA, Pozzatti P, Alves SH, Heinzmann BM. 2010. Sesquiterpenoids of *Seneciobonariensis* Hook. & Arn., Asteraceae. *Braz J Pharmacol* 20(1): 87-92.
- Singh N, Ma LQ. 2006. Arsenic speciation, and arsenic and phosphate distribution in arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. and non-hyperaccumulator *Pteris ensiformis* L. *Environm. Pollut.* 141: 238-246.
- Smedley PL, Kinniburgh DG. 2002. A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Appl. Geochem.* 17 (5):517-568.
- Smith RF, Ludwig HF. 1968. Eutrophication mechanisms at Lake Tahoe—I. Source of an exogenous *Spirogyra* bloom on the south shore. *Water Res* 2 (9):615-624.
- Smolders AJP, Lucassen ECHET, Roelofs JGM. 2002. The isoetid environment: biogeochemistry and threats. *Aquat Bot* 73:325–350.
- Shaibur MR, kawai S. 2009. Effect of arsenic on visible symptom and arsenic concentration in hydroponic Japanese mustard spinach. *Environ Exp Bot* 67: 65-70.
- Simons J, van Beem AP. 1990. *Spirogyra* species and accompanying algae from pools and ditches in The Netherlands. *Aquat Bot* 37 (3):247-269.
- Sohrin Y, Matsui M, Kawashima K, Hojo M, Hasegawa H. 1997. Arsenic biogeochemistry affected by eutrophication in Lake Biwa, Japan. *Environ. Sci. Technol.* 31: 2712-2720.
- Sternberg SPK, Dorn RW. 2002. Cadmium removal using *Cladophora* in batch, semi-batch and flow reactors. *Bioresources Technol* 81: 249-255.
- Steinman A. 1998. Role of Algae in The Management of Freshwater Ecosystems. *J. Phycol.*34: 725.
- Stollenwerk KG. 2003. Geochemical processes controlling transport of arsenic in groundwater: a review. In: *Arsenic in groundwater*. Welch A.H, Stollenwerk K.G (Eds.). p 67-100.
- Straskraba M. 1980. The effects of physical variables of freshwater production analyses based on models. In: LeCren E.D. & RH Lowen McConnel (Eds) *The*

- Functioning of Freshwater Ecosystem. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 13-84.
- Styblo M, Del Razo ML, Vega L, Germolec DR, Lecluyse EL, Halmiton GA, Reed W, Wang C, Cullen WR, Thomas DJ. 2000. Comparative toxicity of trivalent and pentavalent inorganic and methylated arsenicals in rat and human cells. Arch. Toxicol. 74: 289-299.
- Sundaram S, Rathinasabapathi B, Ma LQ, Rosen BP. 2008. An arsenate-activated Glutaredoxin from the arsenic hyperaccumulator fern *Pteris vittata* L regulates intercellular arsenite. J. Biol. Chem. 283: 6085-6101.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. Mineral Nutrition. En: Sinauer Associates (Ed). Plant Physiology 3th Edition. pp. 67-86
- Tetley U. 1925. The secretory system of the roots of the Compositae. The New Phytologist 24: 138-161.
- Tombesi TS. 2001. Novedades en *Senecio* (Senecioneae, Asteraceae). Hickenia 30: 111-114
- Torices R. 2009. Evolución de los sistemas sexuales no hermafroditas en Asteraceae. Ecosistemas 18(2):109-115
- Trigo JR, Leal IR, Matzenbacher NI, Lewinsohn TM. 2003. Chemotaxonomic value of pyrrolizidine alkaloids in southern Brazil *Senecio* (Senecioneae: Asteraceae). Biochem System Ecol 31: 1011-1022.
- Tripathi RD, Srivastava S, Mishra S, Singh N, Tuli R, Gupta DK. 2007. Arsenic hazards: strategies for tolerance and remediation by plants. Trends Biotechnol. 25: 158-165.
- Tu C, Ma LQ. 2005. Effects of arsenic on concentration and distribution of nutrients in the fronds of the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. Environm Pollution 135: 333-340.
- Tu S, Ma LQ. 2003. Interactive effects of pH, arsenic and phosphorous on uptake of As and P and growth of the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. under hydroponic conditions. Environm Exp Bot 50: 243-251.
- Tuzen M, Sari A. 2010. Biosorption of selenium from aqueous solution by green algae (*Cladophora hutchinsiae*) biomass: Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies. Chem Eng J. 158: 200-206.
- Tylova-Munzarova E, Lorenzen B, Brix H, Votrubova O. 2005. The effects of NH_4^+ and NO_3^- on growth, resource allocation and nitrogen uptake kinetics of *Phragmites australis* and *Glyceria maxima*. Aquat Bot. 81: 326-342.
- Vamerli T, Bandiera M, Coletto L, Zanetti F, Dickinson N, Mosca G. 2009. Phytoremediation trial son metal- and arsenic-contaminated pyrite wastes (Torviscosa, Italy). Environ Poll 157: 887-894.
- Vazquez S, Agha R, Granado A, Sarro MJ, Esteban E, Penalosa JM, Carena RO. 2006. Use of White lupin plant for phytostabilization of Cd and As polluted acid soil. Water Air Soil Poll. 177 (1-4): 349-365.
- Vernavá MN, Sabbatini MR, Lamberto SA, Irigoyen JH, Valle AF, Andrada AC, Gil ME, Aramayo EM. 2004. Vegetación ribereña de la cuenca alta del río Sauce Grande y su relación con el nivel trófico del sistema. Libro de Resúmenes de la II Reunión Binacional de Ecología, XXI Reunión Argentina de Ecología, XI Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile, "Ecología en tiempos de cambio", pp. 187.

- Wang J, Zhao Fj, Meharg AA, Raab A, Feldmann J, McGrath S. 2002. Mechanisms of arsenic hyperaccumulation in *Pteris vittata*. Uptake, kinetics, interactions with phosphate, and arsenic speciation. *Plant Physiol.* 130: 1552-1561.
- Warwick NW, Brock MA. 2003. Plant reproduction in temporary wetlands: the effects of seasonal timing, depth and duration of flooding. *Aquat Bot* 77: 153-167.
- Wauchope RD. 1983. Uptake, translocation and phytotoxicity of arsenic in plants. In: *Arsenic: Industrial, Biomedical, Environmental Perspectives* (Lederer y Fensterheim (ed.). Arsenic Symposium, Gaithersburg, Maryland. Van Nostrand Reinhold Company. New York, N.Y. pp 348-374.
- Wetzel RG. 1975. *Limnología*. Omega, Barcelona. 679 pp.
- Wetzel RG. 1983. *Limnology*, 2da Edition. Saunders College Publishing, Philadelphia, PA. 858 pp.
- Wei CY, Chen TB. 2006. Arsenic accumulation by two brake ferns growing on an arsenic mine and their potential in phytoremediation. *Chemosphere* 63: 1048-1053.
- Wilkie AC, Mulbry WW. 2002. Recovery of dairy manure nutrients by benthic freshwater algae. *Bioresour Technol.* 84:81–91.
- Woodward RT, Wui YS. 2001. The economic value of wetland services: a meta-analysis. *Ecol. Econ.* 37:257–270.
- Xu H, Allard B, Grimcall A. 1991. Effects of acidification and NOM on the mobility of arsenic in the environment. *Water Air Soil Pollut (57-58)*: 269-278.
- Yang X, Feng, Y, He Z, Stoffella PJ. 2005. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *J Trace Elements in Med Biol.* 18 (4): 339-353.
- Yu PT, Stolzy LH, Letey J. 1969. Survival of plants under prolonged flooded conditions. *Agronomy J.* 61: 844-847.
- Zheljazkov VD, Nielson NE. 1996. Effect of heavy metals on peppermint and cornmint. *Plant soil* 178: 59-66.