



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE MACRÓFITAS ACUÁTICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST

* Myrian Elisabeth Barrionuevo ¹
Liliana Beatriz Flores ²
María Claudia Dussi ²

CHARACTERIZATION OF AQUATIC MACROPHYTES RESIDUES FOR COMPOST PRODUCTION

Recibido el 28 de mayo de 2019; Aceptado el 4 de mayo de 2020

Abstract

Around the world aquatic plants are considered weeds because they cause serious inconveniences for navigation, fishing and recreational tourism activities; however, there is evidence that can be used in the production of fertilizers, as food for livestock or in the decontamination of water, among others. In Pellegrini Lake (Río Negro, Argentina 39°LS) the proliferation of macrophytes due to the high nutrient contents of water, deserves the attention of the inhabitants, authorities and researchers. The objective of the work was to generate qualitative and quantitative information on the quantity and characteristics of plant residues coming from the cleaning of Pellegrini lake coasts for the production of compost and to submit the material to the composting process in a mixture of 60% remains of plants aquatic and 40% of chicken manure. The results showed that it is a material with good structuring properties and that it is necessary to continue evaluating in mixtures with other materials, but that it is necessary to deepen the studies on the presence of heavy metals in the vegetable remains prior to their use in agricultural activities.

Keywords: aquatic plants, compost, Pellegrini Lake.

¹ Instituto de Investigación y Desarrollo para la Agricultura Familiar, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.

² Grupo Estudios de Sustentabilidad en Agroecosistemas Frutihortícolas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad nacional del Comahue, Argentina.

*Autor correspondiente: Instituto de Investigación y Desarrollo para la Agricultura Familiar, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Auto vía 22 s/n. Colonia San Francisco. Plottier, Neuquén. 8316. Argentina. Email: myrianbarrionuevo@gmail.com

Resumen

Alrededor del mundo las plantas acuáticas son consideradas malezas debido a que causan serios inconvenientes para la navegación, la pesca y las actividades turísticas recreativas; sin embargo, existen evidencias que pueden utilizarse en la producción de enmiendas orgánicas, como alimento para el ganado o en la descontaminación del agua, entre otros. En el Lago Pellegrini (Río Negro, Argentina, 39°LS) la proliferación de macrófitas debido a la alta carga de nutrientes del agua, merece la atención de los pobladores, autoridades e investigadores. El objetivo del trabajo fue generar información cualitativa y cuantitativa sobre la cantidad y características de los restos vegetales provenientes de la limpieza de las costas del Lago Pellegrini para la producción de compost y someter el material al proceso de compostaje en una mezcla de 60% restos de plantas acuáticas del lago y 40% de gallinaza. Los resultados mostraron que se trata de un material con buenas propiedades estructurantes, que es necesario seguir evaluándolo en mezclas con otros materiales pero que es preciso profundizar los estudios sobre la presencia de metales pesados en los restos vegetales previo a su utilización en actividades agrícolas.

Palabras-clave: Compost, Lago Pellegrini, plantas acuáticas.

Introducción

El lago Pellegrini en la provincia de Río Negro, Argentina, posee algunas características que favorecen el proceso natural de eutrofización por tratarse de un embalse artificial cerrado con un único afluente y ningún efluente. En efecto, el bajo caudal, los aportes de material por erosión de las costas, la presencia de bentonita sódica abundante en la zona y el alto contenido de carbonato de calcio existente en el agua tienen una gran influencia sobre: los nutrientes, la producción primaria, la población de algas y el gran desarrollo de macrófitas (plantas vasculares, briofitas y macroalgas). Este proceso se ve agravado por la actividad humana a través del vertido de aguas residuales provenientes de los drenajes domésticos de la villa ubicada en la península Ruca Co, de los desagües rurales procedentes de localidades aledañas y del afluente Arroyón que incrementan los niveles de contaminación del agua (Amalfi y Vernière, 2009.).

El aumento de la concentración de algunos elementos como nitrógeno y fósforo en el agua alteran el ciclo de nutrientes de los ecosistemas de agua dulce. Por esta razón, lagos, ríos y sistemas de riego y drenaje presentan diversos grados de evolución trófica, que van desde oligotrófico (pobre en nutrientes), a eutróficos (rico en nutrientes) a través de mesotróficos. Estudios realizados para conocer el estado trófico del Lago Pellegrini indican que se encuentra en un estado meso eutrófico (Amalfi 2009, Quirós, 2000) con abundante presencia de macrófitas, siendo las especies predominantes *Stuckenia pectinata* (L.) Börner Colla y *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. entre otras (DPA, 2004; Conzonno *et al.*, 1981).

Las macrófitas sumergidas como *Stuckenia pectinata* tienen importancia ecológica ya que forman parte de la red trófica del lago e intervienen de manera directa en el balance de nutrientes, de luz y de oxígeno regulando de esta manera la producción de fitoplancton (Dar *et al.*, 2014,

Jeppesen *et al.*, 2012; Scheffer, 1998). Además, son buenos bioindicadores puesto que fijan metales pesados presentes en aguas de ríos y de lagos, y pueden utilizarse para monitorear estos elementos (Casey, 2010, Peng *et al.*, 2008). Debido a esta capacidad son utilizadas en ambientes acuáticos contaminados en procesos de fitorremediación porque absorben metales pesados a través de sus partes en contacto con el agua y del fondo por medio del sistema de raíces fijado al sustrato (Krems *et al.*, 2013).

En muchas ocasiones las plantas acuáticas son clasificadas como malezas; sin embargo, es posible emplearlas como alimento para humanos y animales; a modo de fertilizante y cobertura en los cultivos y en tratamientos de descontaminación de efluentes (Jain y Kalamdhad, 2018; Wersal y Madsen, 2012; Eyra y Rostagno, 2012; Ndimele *et al.*, 2011; Caro Lara *et al.*, 2009; Sanabria, 1995). Por otra parte, en ambientes disturbados como el del lago Pellegrini, las macrófitas crecen en las costas y hasta en las partes más profundas del mismo brindando alimento y refugio a la fauna local; pero esta cantidad de masa vegetal genera una serie de inconvenientes económicos tanto dentro como fuera del lago y representa un problema para el desarrollo de actividades productivas (piscicultura), turísticas y recreativas (Dar *et al.* 2014; Tur, 1982).

En la costa del lago Pellegrini, el oleaje deposita el material vegetal formando largos cordones y se inicia el proceso de descomposición generando malos olores y atracción de insectos y vectores. Por otra parte, cinco operarios efectúan la extracción manual de los restos vegetales únicamente frente a la costa este de la península Ruca Co en 800 metros de costa donde se ubican las playas. La operación se realiza diariamente entrando 5 metros al interior del lago y manualmente con horquillas y palas los restos vegetales se colocan en la orilla. Estas tareas se intensifican en verano cuando aumenta la productividad de las plantas por la temperatura y debe realizarse rápidamente para evitar el contacto con el agua y la descomposición de los mismos. El trabajo de limpieza de la costa finaliza cuando todo el material vegetal se traslada a un depósito a cielo abierto donde no reciben ningún tratamiento. Asimismo, se conoce que agricultores familiares ubicados en zonas aledañas al lago, realizaron experiencias con estos restos vegetales utilizándolos como forraje, abono y en los corrales con el propósito de aprovecharlos en actividades productivas.

Según el Servicio Nacional de Calidad Agroalimentaria (SENASA, 2019) en la zona, en un radio menor a 20km del sitio de disposición final de los restos de plantas acuáticas, existen establecimientos avícolas generadores de gallinaza factible de ser aprovechada para la fabricación de compost.

La finalidad de este estudio fue generar información cualitativa y cuantitativa sobre la cantidad y características de los restos vegetales provenientes de la limpieza de las costas del lago para la producción de enmiendas orgánicas y someter el material al proceso de compostaje mezclándolo con estiércol de gallina (gallinaza). Esta caracterización brinda herramientas que permiten la toma

de decisiones para una mejor gestión de los residuos vegetales y conocer así su uso potencial como materia prima para la elaboración de productos de interés para la agricultura familiar: compost, alimento para ganado, coberturas para suelos o producción de biogás.

Metodología

El lago Pellegrini se localiza a 15 km de la ciudad de Cinco Saltos al NO de la provincia de Río Negro, a 270 metros sobre el nivel del mar, desde los 68° 6' a los 67° 56' de longitud Oeste y desde los 38° 36' a los 38° 46' de latitud Sur. El cuerpo de agua ocupa 112 km² de superficie; la línea de costa tiene una longitud de 69 km y la profundidad media de 9,4 metros.

Se trata de un embalse artificial formado con agua proveniente del río Neuquén; ocupa una depresión natural de origen eólico vinculada con la evolución del valle del río Negro, que constituye la parte más baja de un área más extensa conocida como Cuenca Vidal. Posee un solo afluente llamado Arroyón y ningún efluente. El desviador de aguas se encuentra en el Dique Ballester sobre el río Neuquén, inicio del sistema de riego del Alto Valle del río Negro. A orillas del Arroyón viven familias dedicadas a producción de pasturas, huerta, granja y aromáticas (Sheridan y Calí, 2010). La parte urbanizada en cambio se encuentra en la costa este de la Península Ruca Co (38° 42'0" S, 68° 1'41.16" O), como se muestra en la Figura 1.

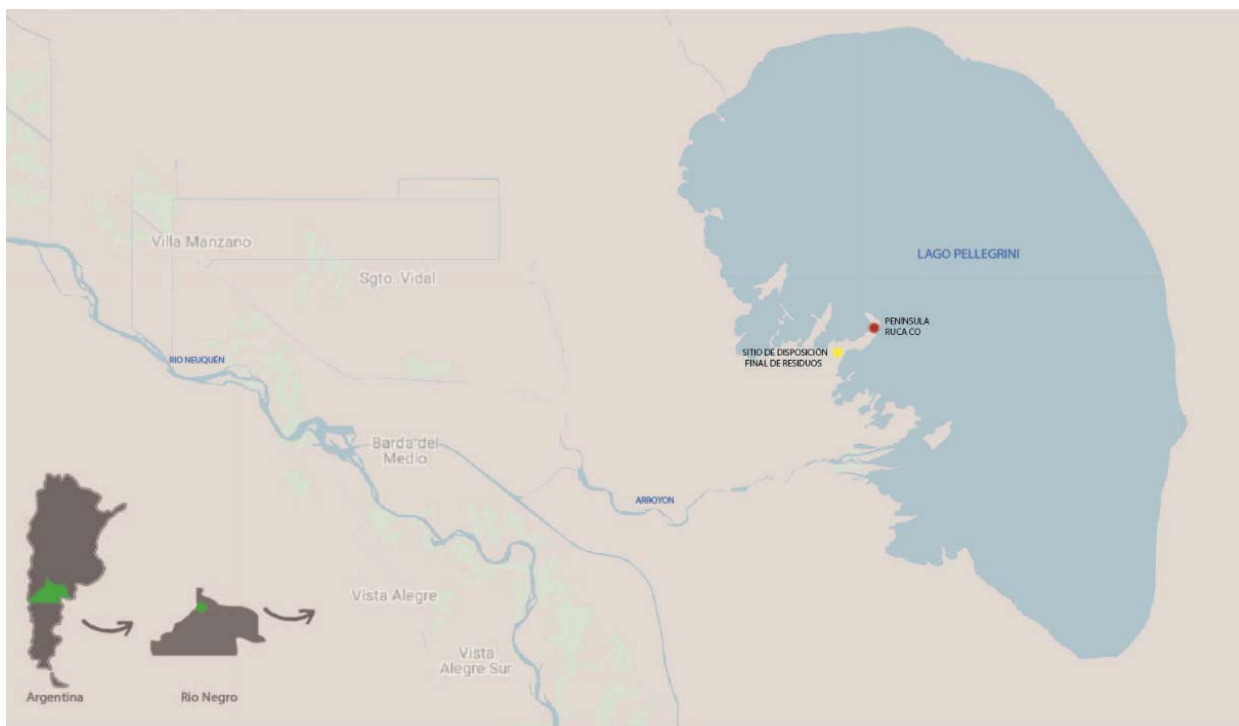


Figura 1. Mapa de localización del lago Pellegrini, provincia de Río Negro Argentina.

El muestreo de material se realizó en los depósitos de restos vegetales hallados sobre la costa con los que se conformó una muestra compuesta en aproximadamente 800m de costa donde se realiza la operación de limpieza, en la villa ubicada en la península Ruca Co. No se discriminó entre los restos vegetales acumulados por el oleaje y aquel extraído manualmente producto de la operación de limpieza que realiza el municipio debido a que ambos reciben el mismo tratamiento. El procedimiento consistió en caminar a lo largo de la costa tomado una submuestra de aproximadamente 1 kg a 15cm de profundidad de los montículos encontrados en la trayectoria y en el caso de las pilas una sub muestra cada 5m de recorrido. Luego se mezclaron, homogeneizaron y se tomaron 3 muestras de 1 kilo las que se enviaron al laboratorio para el análisis.

La composición volumétrica del material recolectado se calculó mediante la utilización de carretillas de 60 y 90 litros, las que posteriormente se volcaron sobre el suelo para identificar los restos. El cálculo de la composición física se estimó de manera visual (en proporción sobre el volumen total).

La densidad bruta de la muestra sólida se estableció a partir del peso de un volumen definido de muestra tal como fue recibida (TMECC, 2001). El contenido de humedad se determinó en estufa de vacío a 70°C hasta obtener peso constante.

Posteriormente se analizó el contenido de potasio, fósforo, nitrógeno, calcio y magnesio; además de pH, conductividad eléctrica y porcentaje de materia orgánica de la muestra, en el laboratorio de suelos del INTA Bariloche. La determinación del contenido de elementos potencialmente tóxicos (EPT) se realizó mediante el análisis de metales y metaloides pesados tóxicos (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As, y Hg) del contenido total la muestra de restos vegetales en el Laboratorio de Análisis Químicos de la Universidad Nacional del Sur.

Para conocer de manera detallada la operación de limpieza de plantas acuáticas de la costa y estimar el volumen total de restos recolectado se realizaron 4 visitas en diferentes momentos del año al lago y al depósito donde se acopian los restos. Además, se realizaron entrevistas al encargado y a dos operarios en el lugar de trabajo para conocer la gestión de los restos de macrófitas del lago.

El ensayo de compostaje tuvo lugar en el Espacio demostrativo experimental Agroecológico (EDEA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Comahue (38°56' S, 67°59' O y 285 m.s.n.m.) en Cinco Saltos, Río Negro distante 18km del lago Pellegrini. El proceso de compostaje se realizó desde mayo a noviembre de 2016. En el mismo se mezclaron restos vegetales con gallinaza en proporción volumétrica 60% de restos vegetales y 40% de gallinaza. La gallinaza se obtuvo de un establecimiento avícola ubicado en la ciudad de Neuquén (38°57'36''S; 68°8'52''O) donde se trata en un predio distante 15km del ensayo.

El tratamiento con 4 repeticiones se realizó en composteras de madera reciclada de 1,5 m³ las que se regaron con agua potable de red y se removieron 3 veces durante el proceso: a los 30, 60 y 90 días de armadas. Además se tomó la temperatura en el centro de las pilas con termómetro para compost todos los días durante los primeros 25 días (etapa termófila) y una vez a la semana los siguientes 30 días hasta lograr la temperatura estable. Al cabo de 180 días de iniciado el ensayo, se tomó una muestra de cada tratamiento y se realizó un análisis para determinar: pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, relación C/N, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Segú los protocolos de la red INTA de Laboratorios de Suelos, Aguas y Material Vegetal en el laboratorio de suelos de INTA Bariloche. El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva. Las pruebas de germinación se realizaron con semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) y rabanito (*Raphanus sativus*) incubadas en oscuridad, control en agua destilada y dilución 1:10 (SENASA y SCyMA, 2019).

Resultados

El análisis visual del material determinó que el 99% del volumen total de muestra corresponde a restos vegetales de macrófitas acuáticas mayoritariamente del género *Stuckenia pectinata* (L.) en tanto que el 1 % lo integran arena y sedimentos adheridos a las raíces, caparazones de caracoles, plumas de aves y otros elementos provenientes de las costas como colillas de cigarrillos, envoltorios de caramelos entre otros. En las Tablas 1 y 2 se presentan los resultados del análisis físico y químico del material.

Tabla 1. Características físicas y químicas de los restos vegetales del Lago Pellegrini sin tratar.

Parámetros	Valor hallado	Unidad
Densidad	17	g/L
Humedad	82.1	%
Materia seca	19.9	%
pH	7.5	-
CE	7.8	dS/m
Materia orgánica	62.7	%
C	36.5	%
N	1.2	%
C/N	30	-
Ca	5.6	%
K	1.2	%
Mg	0.4	%
P	0.2	%

Tabla 2. Contenido de elementos potencialmente tóxicos presentes en los restos vegetales del Lago Pellegrini medidos en miligramos por kilogramo de muestra seca (mg/kg) y límites según la regulación Argentina.

Metal pesado	Valor encontrado en mg/kg de solido seco	Resolución conjunta 01/2019 SENASA MAyDS	
		Clase A	Clase B
As	3.6	15	30
Cd	< 0.1	1.5	3
Cr	98.9	100	270
Cu	5.5	150	450
Hg	< 0.1	0.7	5
Ni	3.4	30	120
Pb	1.2	100	150
Zn	7.7	300	1100

Manejo de los restos vegetales en la península Ruca Co.

El volumen estimado de restos vegetales recolectados de la orilla del lago y obtenido en base a las entrevistas realizadas a los trabajadores municipales es alrededor de 3600 m³/año. Como se observa en la Figura 2, una vez extraídos, se los deposita en pequeños montones de aproximadamente 0.5 m³ los que luego se cargan en un carro tirado por tractor hasta su depósito final ubicado cerca de la villa a unos 1.5 km de distancia (S 38° 42' 26,2" W 068° 02' 26,5") donde no reciben ningún tipo de tratamiento.

El depósito a cielo abierto tiene una superficie de 2 ha, está cercado y se accede por una tranquera que permanece cerrada al público. Según la época se observa la presencia de moscas y otros insectos. El olor varía según la época del año y el contenido de humedad del material.



Figura 2. Recolección manual de restos vegetales desde la orilla.

Compostaje de plantas acuáticas con gallinaza

A partir del día 5 de realizadas las mezclas se obtuvieron temperaturas superiores a 50°C. En la Tabla 3 están resumidos los resultados del análisis del compost obtenido luego de 180 días de tratamiento. El compost no presentó olores desagradables, ni piedras ni terrones de tierra. El índice de germinación fue mayor al 60% que establece la norma de 89% para lechuga y 92% para rabanito lo que indica que se trata de un compost maduro.

Tabla 3. Características físicas y químicas del compost producido con 60% restos de plantas acuáticas 30% gallinaza.

Variable analizada	Valor promedio de las 4 repeticiones	Unidad
pH	7.4	-
Conductividad eléctrica	13.3	dS/m
Materia orgánica	53.5	%
Nitrógeno total	1.5	%
Relación C/N	20.7	-
Fósforo total	0.5	%
Potasio total	2.3	%
Calcio total	8.8	%
Magnesio total	0.7	%

Conclusiones

Los restos de plantas acuáticas y la gallinaza son residuos disponibles en la zona que convenientemente tratados resuelven en parte dos problemas ambientales de las inmediaciones del lago Pellegrini.

La mezcla del residuo vegetal con gallinaza para producir compost es una alternativa de tratamiento viable, de fácil ejecución que reduce el volumen de la mezcla. Tal como sucede en otras mezclas es necesario evaluar distintos manejos o incorporar otros productos para que el compost obtenido logre una conductividad eléctrica inferior a 6 dS/m como indica la normativa vigente (SENASA y SCyMA, 2019).

Las características físicas del material vegetal proveniente del lago, indican que podría ser un buen estructurante para el preparado de las mezclas en la elaboración de compost. Por otra parte, resulta una opción para las mezclas con residuos ganaderos con relaciones C/N bajas en una región semiárida donde son escasos los desechos con alto contenido de carbono. Sin embargo, dado el contenido de cromo encontrado (98.9 mg/kgMS) sería conveniente profundizar los estudios sobre la presencia de este metal pesado en otras partes del lago y en los restos vegetales en particular previo a su uso en actividades agrícolas.

Agradecimientos

Agradecemos a la Lic. Marina Amalfi por la predisposición para responder a nuestras dudas e inquietudes; al personal del municipio de Cinco Saltos por facilitar la información solicitada; a la Red de Agroecología y al Proyecto PRET 1281206 de INTA por el financiamiento para el desarrollo del estudio.

Referencias bibliográficas

- Amalfi, M. (2009) Lago Pellegrini. Características limnológicas. *ProBiota*, Serie Documentos, **7**, 64pp.
- Amalfi, M., Vernière, B. V. (2009). Efectos de la eutrofización sobre la pesca en el lago Pellegrini. *Pro Biota*, Serie Documentos, **8**, 1-15.
- Casey, P.A. (2010) Plant Guide for Sago Pondweed (*Stuckenia pectinata* (L.) Böerner). USDA-Natural Resources Conservation Service, Kansas Plant Materials Center. Manhattan, KS 66502
- Caro Lara, I., Romero Otálora, Z., Lora Silva, R. (2009) Producción de abonos orgánicos con la utilización de elodea (*Egeria densa*) presente en la laguna de Fúquene. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, **12**(1), 91-100.
- Conzonno, V. H., Casco, M. A., Echenique, R., Labollita, R., Petrocchi, M. (1981). Estudio limnológico en el lago Pellegrini (Río Negro, Argentina). *Ecosur*, **8**(15), 153-170.
- Dar, N. A., Pandit, A. K., Ganai, B. A. (2014) Factors affecting the distribution patterns of aquatic macrophytes. *Limnological Review*, **14**(2), 75-81. doi <https://doi.org/10.2478/limre-2014-0008>
- DPA. Departamento Provincial de Aguas. Provincia de Río Negro. (2004) *Red de monitoreo del lago Pellegrini*. Reporte DPA Periodo 2003-2004, 24pp.
- Eyras, M. C., Rostagno, C. M. (2012) Compostaje de algas marinas: experiencias y perspectivas. En Mazzarino, M.J., Satti, P. (Eds.) *Compostaje en la Argentina: Experiencias de calidad y uso*. UNRN-Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina, 141-160.
- Jeppesen, E., Sondergaard, M., Sondergaard, M., Christofferson, K. (Eds.) (2012) *The structuring role of submerged macrophytes in lakes* (Vol. 131) Springer Science y Business Media.
- Krems, P., Rajfur, M., Waclawek, M., Kłos, A. (2013) The use of water plants in biomonitoring and phytoremediation of waters polluted with heavy metals. *Ecological Chemistry and Engineering S*, **20**(2), 353-370.
- National Research Council. (2002) Making aquatic weeds useful: some perspectives for developing countries. The Minerva Group, Inc.
- Peng, K., Luo, C., Lou, L., Li, X., Shen, Z. (2008) Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton malaianus* Miq. and their potential use for contamination indicators and in wastewater treatment. *Science of the total environment*, **392**(1), 22-29.
- Quirós, R. (2000) La eutrofización de las aguas continentales de Argentina. El Agua en Iberoamérica: Acuíferos, Lagos y Embalses. CYTED. Subprograma XVII. Aprovechamiento. Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos, 43-47.
- Sanabria, D. (1995) Efecto ecológico y fitosanitario de la utilización de plantas acuáticas, en compostaje, para el monocultivo de cebolla en la cuenca del lago de Tota. In I Congreso Internacional de Agricultura Biológica y Medio Ambiente. Santa Fe de Bogotá (Colombia), 25-27 May 1994.
- Scheffer, M. (1998) *Ecology of Shallow Lakes*. London, Chapman y Hall.
- SENASA y SCyMA. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria y Secretaria de Control y Monitoreo Ambiental. (2019) Resolución Conjunta 01/2019. Marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost. Publicada en el Boletín Nacional del 10 de enero de 2019. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1-2019-318692>.
- SENASA. Servicio Nacional de Calidad Agroalimentaria. (2019) Base de datos del Registro Nacional de Productores Agropecuarios. SENASA, Centro Regional Patagonia Norte. General Roca.

- Sheridan, M. M., Calí, M. J. (2010) Pequeños sistemas de riego. Una experiencia participativa con apoyo técnico. *Fruticultura y diversificación*, **16**(63), 30-37.
- Tur, N. M. (1982) Revisión del género *Potamogeton* L. en la Argentina. *Darwiniana*, **24**(1-4), 217-265.
- Wersal, R. M., Madsen, J. D. (2012) Aquatic plants their uses and risks. A review of the global status of aquatic plants. Rome, Italy: FAO.
- Jain, M. S., Kalamdhad, A. S. (2018) A review on management of *Hydrilla verticillata* and its utilization as potential nitrogen-rich biomass for compost or biogas production. *Bioresource Technology Reports*, **1**, 69-78. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2018.03.001>
- Ndimele, P. E., Kumolu-Johnson, C. A., Anetekhai, M. A. (2011) The invasive aquatic macrophyte, water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm-Laubach: Pontedericeae): problems and prospects. *Research Journal of Environmental Sciences*, **5**(6), 509-520.