

# Caracterización hidrológica e hidroquímica de las lagunas artificiales situadas en el Campus de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla)

## *Hydrological and hydrochemical characterization of the artificial lakes located in the Campus of Pablo de Olavide University (Seville)*

Layla Márquez-San-Emeterio y Miguel Rodríguez-Rodríguez

Departamento de Sistemas Físicos y Naturales, Universidad Pablo de Olavide, Cra. de Utrera km 1, 41013. Sevilla, España.  
layla\_mse@hotmail.com, mrodrod@upo.es

### ABSTRACT

*This study presents the hydrological and hydrochemical characterization of two artificial lakes located on the campus of the University Pablo de Olavide (Seville). The water outputs are produced mainly by evaporation from the water surface and through an overflow located in the most depressed area of the lake located at lower height. Entries are due to surface and ground-water runoff generated in the catchment of a small stream that flows into the lake at a greater height. In addition, this stream receives artificial inputs of a nearby golfcourse, so that the circulating flow (ca. 5 l/s) had little variation during the study period. Water quality (average EC ca. 2.1 mS/cm) is subject to these artificial inputs, while salinity is greatly reduced during rain-fall events.*

**Key-words:** Artificial lakes, hydrology, hydrological characterization, environmental feasibility.

### RESUMEN

*Este estudio presenta la caracterización hidrológica e hidroquímica de dos lagunas artificiales situadas en el campus de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla). Las salidas hídricas se producen fundamentalmente por evaporación desde la lámina de agua y a través de un rebosadero situado en la zona más deprimida de la laguna situada a menor cota. Las entradas se deben a la escorrentía superficial y subterránea generada en la cuenca de un pequeño arroyo que desemboca en la laguna situada a mayor cota. Además, este arroyo recibe aportes artificiales de un campo de golf próximo, de manera que el caudal circulante (ca. 5 l/s) sufrió pocas variaciones durante el periodo de estudio. La calidad del agua (C.E. media de ca. 2,1 mS/cm) se ve afectada por estos aportes artificiales, si bien la salinidad se reduce considerablemente durante episodios lluviosos.*

**Palabras clave:** Lagunas artificiales, hidrología, caracterización hidrológica, viabilidad ambiental.

*Geogaceta*, 57 (2015), 143-146.  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 30 de junio de 2014  
Fecha de revisión: 22 de octubre de 2014  
Fecha de aceptación: 28 de noviembre de 2014

## Introducción

El Campus de la Universidad Pablo de Olavide comprende parte de los términos municipales de Sevilla, Dos Hermanas (en su mayoría) y Alcalá de Guadaíra, ocupando aproximadamente 140 hectáreas de terreno. El terreno sobre el que se asienta, forma parte de la antigua llanura aluvial (actual terraza fluvial) del río Guadaíra, situado al norte del Campus (Luceño *et al.*, 2005). Ese hecho constituye la razón por la cual varias partes del Campus se inundan con facilidad en época de lluvias. Así, surgió un proyecto de la creación de un sistema lagunar sobre antiguas pistas deportivas (Rodríguez-Rodríguez, 2007). El

sistema lagunar ocupa una superficie de 1,7 hectáreas y está situado a 16 metros de altura respecto al nivel del mar. La profundidad media de ambas lagunas, de ahora en adelante llamadas laguna alta y laguna baja, es de 0,35 y 0,30 metros respectivamente. Este sistema se ve alimentado por un arroyo que tiene una cuenca vertiente de 33 ha. La diferencia de cota entre la entrada a la laguna alta y el rebosadero de la baja es de 1,3 m.

Este trabajo analizará el comportamiento hidrológico de las lagunas, que de igual forma servirá para comprobar la adaptación de dichas lagunas al medio natural según su comportamiento y dinámica artificial.

## Objetivos

El objetivo principal de este estudio es la caracterización del funcionamiento hidrológico de las lagunas artificiales creadas en el campus de la Universidad Pablo de Olavide, a partir del análisis de información hidrológica. Como objetivos secundarios, se han analizado las características hidroquímicas del agua de las lagunas, los datos diarios de precipitación y temperatura del agua y del aire y se ha realizado una estimación de los aportes externos al sistema lagunar. Se entiende que el trabajo realizado permitirá contribuir a un mejor mantenimiento y seguimiento de las lagunas para su integración en el medio ambiente, y para

que estas sean útiles en futuros proyectos de investigación.

## Metodología

### Métodos de campo

En el periodo comprendido entre el 10 de octubre de 2013 y el 26 de febrero de 2014 se llevaron a cabo muestreos semanales en cinco puntos distintos: entrada del arroyo que vierte a las lagunas, laguna alta, laguna baja, salida de agua (rebosadero) y pozo en la desembocadura del arroyo (Fig. 1). Se realizaron medidas sistemáticas del caudal ( $Q = v \cdot S$ ) en el canal de entrada y del caudal saliente en el rebosadero.

Previamente, se procedió a la instalación de regletas en las dos lagunas para poder medir el nivel del agua, una estaca de medida de nivel en el arroyo para aforar, y el sensor de medida (Diver<sup>®</sup>) en continuo del nivel y temperatura en el pozo, y en el edificio 22 próximo a la zona para la toma de datos de presión atmosférica y temperatura del aire. En caso de labores de limpieza o para evacuar agua en casos de inundación excepcional, el sistema está provisto de un tapón de desagüe (antigua tubería de drenaje) (Fig. 1).

Por último, se realizó un recorrido de la cuenca del arroyo que vierte a las lagunas para así poder delimitarlo con mayor detalle y precisar la cartografía elaborada en gabinete.

### Métodos de laboratorio

Las variables analizadas en laboratorio fueron conductividad, y aniones y cationes mayoritarios. Tras recoger semanalmente las cinco muestras de agua, éstas eran llevadas al laboratorio para analizar la conductividad y temperatura con un conductímetro WTW.

El análisis de aniones y cationes mayoritarios se llevó a cabo utilizando un cromatógrafo de iones marca DIONEX. Las muestras se conservaron en frío para asegurar la estabilidad de iones, siendo posteriormente filtradas con un filtro de microfibras de vidrio de 45 micras. A continuación, se diluyeron las muestras acorde a la proporción 1:3.

### Métodos de gabinete

Como mayor parte del trabajo de gabinete se ha realizado una recopilación e



Fig. 1.- Localización de las estructuras instaladas y de los puntos de muestreo en el sistema lagunar (37°21'23.63"N, 5°56'5.08"O). Google Maps (2014).

Fig. 1.- Location of each installed item and sampling point in the lake system. (37°21'23.63"N, 5°56'5.08"O). Google Maps (2014).

interpretación de toda la información obtenida por las sondas Diver<sup>®</sup>, así como de series temporales de temperatura, precipitación y evapotranspiración procedentes de la estación agroclimática de La Puebla del Río, siendo la más cercana a las lagunas de estudio (a 15 km de distancia) (Junta de Andalucía, 2014).

Por otra parte, también se llevó a cabo un tratamiento y gestión de las series temporales con el software Tratamiento de Series Temporales Hidrológicas, "TRASERO" (Diputación de Alicante, 2005), para el cálculo de la lluvia útil, de la escorrentía superficial y de la evapotranspiración real o ETR (Llamas, 1993).

Se empleó el software ArcGis y Modelo Digital del Terreno de Andalucía (resolución 10 m) para cartografiar la zona y delimitar la cuenca vertiente del arroyo. Para la interpretación de datos hidroquímicos procedentes del análisis cromatográfico, se elaboraron gráficos y diagramas con el software Aquachem.

## Resultados y discusión

### Datos meteorológicos

En la Tabla I se observan los valores medios de precipitación, ETR, ETP y temperatura del agua y del aire durante el periodo de estudio. El periodo más seco se corresponde con los meses de octubre, noviembre y la primera mitad de diciembre, a excepción de una semana a mediados de octubre, en la que sucedieron episodios continuos de precipitación. Por otra parte, se han comparado los datos de temperatura del agua con la temperatura del aire. Mediante esta comparación se han podido observar, de forma general, oscilaciones térmicas asociadas a las diferentes estaciones, con temperaturas en torno a los 20 °C de media en otoño y 12 °C en invierno. Durante el periodo de finales de noviembre a principios de marzo, los valores de ET real disminuyen debido a la bajada general de las temperaturas y una mayor retención de agua en el suelo (Márquez, 2014).

| Parámetro           | Máximo | Mínimo | Medio | Desviación |
|---------------------|--------|--------|-------|------------|
| Precipitación (mm)  | 35,4   | 0      | 1,6   | 4,9        |
| T agua (°C)         | 20,7   | 10     | 13,7  | 2,8        |
| T aire (°C)         | 28,9   | 3,3    | 14    | 4,7        |
| ETO                 | 3,3    | 0,6    | 1,6   | 0,6        |
| ETR                 | 4,2    | 0,9    | 2,2   | 0,8        |
| Caudal ayorro (l/s) | 13,5   | 0      | 5,7   | 3,8        |

Tabla I.- Valores medios, mínimos, máximos y de desviación típica de los diferentes parámetros meteorológicos e hidrológicos.

Table I.- Average, minimum, maximum and standard deviation values from the different meteorological and hydrological parameters.

**Datos hidrológicos**

Los registros tomados cada tres horas de nivel de agua en el pozo, así como los episodios de escorrentía asociados a las lluvias se pueden observar en la figura 2. Una vez medidas las series de niveles en las lagunas, se pueden apreciar variaciones estacionales, con aumentos en el nivel de la lámina en los meses de enero y febrero. Los datos de altura de la lámina del pozo registran oscilaciones diarias e incluso horarias

debido a la presencia de la vegetación. Esta altura representa el nivel piezométrico del acuífero libre asociado con las terrazas del Guadaíra, que en este punto se corresponden con la zona de descarga del acuífero. Las líneas de flujo a escala regional se dirigen hacia el río Guadaíra (nivel de base) situado a 10,7 m s.n.m. El espesor del relleno plioceno-cuaternario en esta zona se estima en unos 12 m (Martín y Martínez, 2006).

Los picos que se observan en la figura 2 se corresponden a episodios de precipita-

ción, y se deben a que se ha producido en ese momento una recarga rápida de agua en el interior del pozo, con un consecuente ascenso en la altura del agua, y un descenso también rápido. Las lagunas no registran este comportamiento, sino un ascenso lento como consecuencia de un aumento en los caudales de entrada y un descenso en su salinidad, por tratarse de aguas de escorrentía (Fig. 3). La escorrentía que mejor explica la variación de la lámina de agua se corresponde con aquella que se genera con una capacidad de campo en el suelo de 25 mm.

A este respecto, se registran tres episodios de escorrentía tras periodos de abundante precipitación que se corresponden con los descensos registrados en la salinidad del agua.

Aquellos aportes externos ajenos al ciclo hidrológico natural han sido calculados mediante la diferencia entre el caudal estimado a la entrada de las lagunas y la lluvia útil calculada.

**Datos hidroquímicos**

La conductividad eléctrica media del agua recogida en los cinco puntos de muestreo es de 2,11 mS/cm, lo que indica que es un agua ligeramente salobre. En la Tabla II se indican los valores medios recogidos en cada punto de muestreo. El diagrama de Piper indica unas aguas de tipo mixtas a cloruradas sódicas. Por otra parte, el diagrama de Schoeller muestra como iones mayoritarios el cloruro y el sodio, siendo las máximas concentraciones del orden de 10 meq/l. No se aprecia una alta dispersión en los datos de los diferentes puntos de muestreo.

| Muestreo    | Valor medio |
|-------------|-------------|
| Salida      | 2,12        |
| Laguna baja | 2,04        |
| Laguna alta | 2,03        |
| Pozo        | 2,20        |
| Entrada     | 2,15        |

Tabla II.- Valores medios de conductividad eléctrica medidos en cada uno de los puntos de muestreo.

Table II.- Average values of electrical conductivity measured at each sample point.

**Observaciones de campo**

Durante los cinco meses de estudio se ha observado una evolución progresiva de

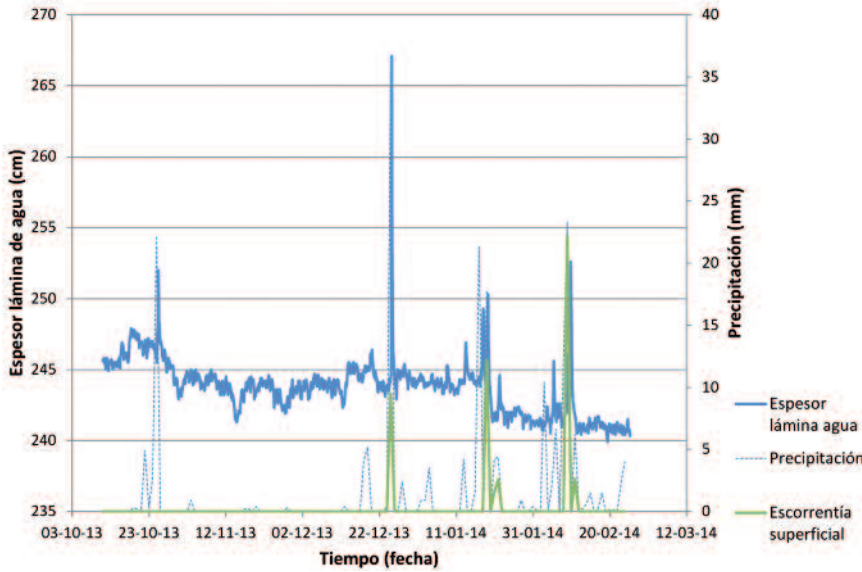


Fig. 2.- Evolución horaria del nivel de agua en el pozo y escorrentía estimada a partir de la ecuación del B.A.S. durante el periodo de estudio.

Fig. 2.- Hourly water-level evolution in the well and runoff estimation from the S.W.B. equation during the study period.

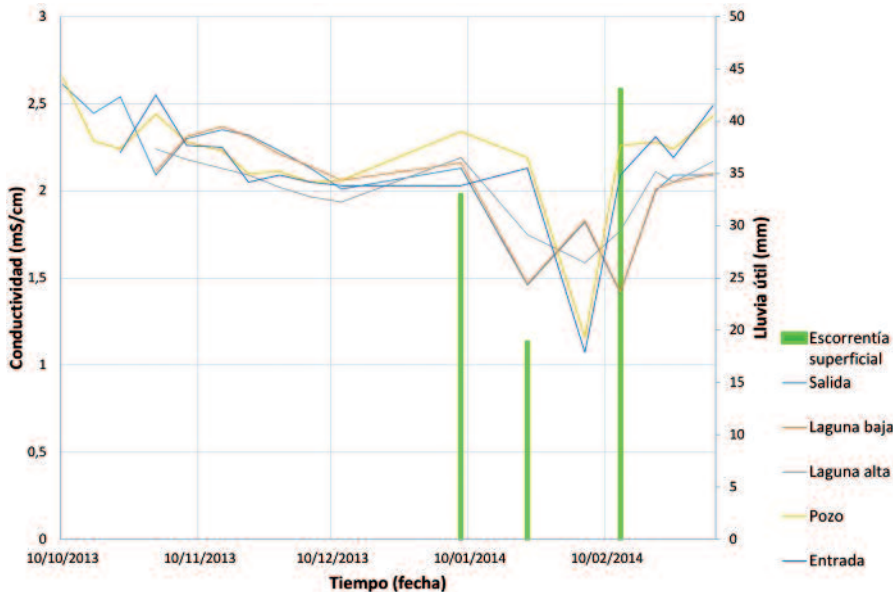


Fig. 3.- Evolución de la salinidad del agua en el pozo, caudal de entrada, lagunas y rebosadero durante el periodo de estudio y la lluvia útil estimada.

Fig. 3.- Water-salinity evolution of the input channel, well, lakes and overflow during the study period and estimations of runoff.





Fig. 4.- Laguna alta y canal de entrada. Al fondo se observa una colonia de moritos (*Plegadis falcinellus*) (febrero de 2014).

Fig. 4.- Upper lake and water input. At the end a colony of glossy ibis (*Plegadis falcinellus*) can observed (February, 2014).

la vegetación propia de lagunas, como la presencia de macrófitos y lentejas de agua en las zonas más someras como son el canal de entrada y el rebosadero. La presencia de especies de avifauna acuática como cigüeñuelas, garcillas y moritos, indican un buen estado ecológico del sistema lagunar (Fig. 4).

### Conclusiones y recomendaciones

La continuidad en el tiempo de este proyecto ha de estar sometida a un plan de mantenimiento y seguimiento para evitar la colmatación del sistema lagunar. Así, también se evitará que la vegetación llegue a colonizar la cubeta lacustre y transforme el sistema en un criptohumedal.

Tal y como se ha observado en el trabajo realizado, existe un aporte extraordinario de agua salobres a las lagunas procedente del Campo del Real Club de Golf de Sevilla. Posiblemente este aporte se deba a los retornos de riego y labores de limpieza y mantenimiento de dicho campo de golf. Dicho Club no posee permiso de vertidos al Dominio Público Hidráulico (consulta a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir), lo cual debería revisarse para evitar posibles problemas de contaminación en las aguas. Así, se podría ver explicada la

elevada conductividad eléctrica de las aguas del arroyo a la entrada del sistema.

En cuanto a los datos hidrológicos, las tasas de escorrentía estimadas han sido del 20% respecto de la precipitación total registrada. Los valores de caudal medidos en el arroyo han resultado tener un valor medio de 5 l/s. El balance de agua en el suelo da como resultado un caudal medio de 1,39 l/s. La diferencia obtenida (3,6 l/s) coincide con el caudal que se ha medido en el arroyo en varias ocasiones durante periodos secos - en los que de manera natural dicho arroyo no debiera tener ningún caudal. En conclusión, este pequeño pero constante caudal aportado por el campo de Golf es el que permite que las lagunas tengan un hidropereodo permanente.

Como recomendaciones, se insta a la realización de aforos químicos tanto en la entrada como en la salida para así afinar el balance hídrico en las lagunas, así como análisis de contaminación fecal y por metales pesados en el agua.

### Agradecimientos

Al Área de Geodinámica Externa del Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla). Al técnico de laboratorio

de dicho Área, José Manuel Bruque Carmona, por la instalación de las regletas en las lagunas y los análisis hidroquímicos realizados.

### Referencias

- Diputación de Alicante (Ed.) (2005). *Tratamiento y Gestión de Series Temporales Hidrológicas*. Manual del usuario.
- Luceño, M., Jiménez, P., Escudero, M., Martín, S. y Narbona, E. (2005). En: *Flora Silvestre y Ornamental del Campus de la Universidad Pablo de Olavide*. Dirección General de Educación Ambiental y Sostenibilidad, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 9-13.
- Márquez, L. (2014). *Caracterización hidrológica de las lagunas artificiales del Campus de la Univ. Pablo de Olavide*. Proyecto Fin de Grado, Univ. Pablo de Olavide, 49 p.
- Llamas, J.M. (1993). En: *Hidrología General*. Univ. del País Vasco, 331-336.
- Martín D. y Martínez, A. (2006). *Estudio geotécnico de la Univ. Pablo de Olavide*. Vorsevi S.A., Ingeniería y Control de Calidad, Sevilla, 42 p.
- Rodríguez-Rodríguez, M. (2007). *Propuesta de Restauración Hidrológica en el Campus de la UPO*. Estudio hidrológico, Univ. Pablo de Olavide, 5 p.