



## PISCINAS NATURALES PARA LA CIUDAD DE HERMOSILLO: UNA ESTRATEGIA DE SUSTENTABILIDAD

\* ENRIQUE FERNANDO VELÁZQUEZ VARGAS, ANDREA ZAVALA REYNA, LUIS EDUARDO VELÁZQUEZ, JUANA ALVARADO IBARRA, CLARA ROSALÍA ÁLVAREZ

### RESUMEN

El uso de productos químicos, como cloro, bromo, peróxido de nitrógeno, alguicidas, entre otros, para tratar el agua de las piscinas, representan un riesgo para la salud de los usuarios y el medio ambiente. En este artículo, se presentan algunos de los diferentes métodos y materiales químicos utilizados en el tratamiento del agua de las piscinas. Se habla acerca de las consecuencias que representan en la salud de los usuarios y su impacto en el ambiente. Así como los resultados obtenidos en el monitoreo de la calidad del agua de dos piscinas de un centro deportivo de la ciudad de Hermosillo, Sonora y se concluye con el planteamiento de una propuesta de biorremediación como una alternativa sustentable para el tratamiento del agua de las albercas de la localidad.

LIC. ENRIQUE F. VELÁZQUEZ VARGAS  
Posgrado en Sustentabilidad,  
Universidad de Sonora  
Correo: evelazquezvargas@gmail.com  
DRA. ANDREA ZAVALA REYNA  
Departamento de Químico-Biólogo,  
Universidad de Sonora  
Correo: azavala@industrial.uson.mx

DR. LUIS EDUARDO VELÁZQUEZ  
Posgrado de Sustentabilidad,  
Universidad de Sonora  
Correo: Luis\_Velazquez@industrial.uson.mx

DRA. JUANA ALVARADO IBARRA  
Departamento de Polímeros y Materiales,  
Universidad de Sonora  
Correo: jalvarado@polimeros.uson.mx  
DRA. CLARA ROSALÍA ÁLVAREZ  
Departamento de Químico-Biólogo,  
Universidad de Sonora

\*Autor para correspondencia: Andrea Zavala Reyna  
Correo electrónico: azavala@industrial.uson.mx  
Recibido: 20 de agosto de 2014  
Aceptado: 18 de octubre de 2014  
ISSN: 2007-4530



## INTRODUCCION

Las actividades recreativas y deportivas realizadas en el agua, según algunos especialistas son ideales para las personas con problemas respiratorios [1,2,3] con un impacto positivo en la salud física y mental [4], ya que proporcionan múltiples beneficios relacionados con la relajación muscular y el control del nivel del estrés [5]. Sin embargo en las piscinas que se realizan estas actividades son generadoras de riesgos para la salud [6,7,8], principalmente por los microorganismos patógenos que son introducidos constantemente por los usuarios [9,10] a través de la piel, sudor, orina y materia fecal [11,12] los cuales terminan afectando la calidad microbiológica del agua [13]. En el caso de las albercas techadas, se suma el riesgo de exposición a vapores ácidos provenientes de la reacción del cloro y el agua [14]. Esta exposición causa irritación en la nariz, garganta y ojos, esto puede producir tos, alteraciones del ritmo respiratorio y daño a los pulmones [15]. En este tipo de albercas, la cloramina cuando reacciona con desechos orgánicos como la orina, forma tricloruro de nitrógeno, lo cual también puede causar asma en los usuarios [3,16]. A fin de prevenir estas enfermedades y brotes infecciosos en las piscinas se realiza la desinfección del agua a través de un filtrado [5] y el uso de productos químicos [17] principalmente el cloro y el bromo [18]. El cloro, es el más utilizado, debido principalmente a su bajo costo [19,20] y a su capacidad de eliminar sustancias en suspensión oxidables como el hierro, magnesio y sustancias orgánicas, además de su eficacia eliminando bacterias y gérmenes patógenos [21]. A pesar de esto, su uso se ha empezado a cuestionar debido al registro de accidentes y enfermedades a la salud atribuibles a su utilización [22], como problemas oculares, respiratorios y dermatológicos [21]. Otro químico utilizado es el peróxido de nitrógeno pero representa un costo elevado y resulta corrosivo para los ojos, la piel y al tracto respiratorio, además la inhalación en altas concentraciones del vapor de este compuesto puede provocar edema pulmonar [17,23]. Otro desinfectante que ha ganado popularidad en los últimos años es el ozono, debido a su alto poder oxidante y la menor formación de productos de desinfección [24]. No obstante, también presenta desventajas, como su costo, ya que requiere un mayor gasto energético, es muy inestable a temperatura ambiente y también puede llegar a ocasionar daños a la salud de los usuarios [17]. Otros productos químicos utilizados son los alguicidas [25], los cuales se encargan de destruir las algas que se reproducen por división o esporulación y favorecen el crecimiento de microorganismos como las bacterias y los hongos. Los más empleados son el sulfato de cobre y el cloruro de benzalconio [17]. Sin embargo, todos estos tratamientos, representan también un riesgo para la salud de los usuarios [26] y un impacto ambiental que contamina un recurso como el agua [27]. Como una respuesta a lo anterior, han surgido organizaciones y empresas que promueven el uso de alternativas más sustentables para

la operación de una alberca [19] en su mayoría dirigidas a prevenir los riesgos a la salud y al medio ambiente a través de la incorporación de elementos claves para lograr un menor impacto ambiental y un menor daño a la salud de los usuarios, además de la búsqueda de la reducción significativa del consumo de recursos químicos, agua y energía [28]. Es por esto que este artículo propone utilizar la técnica de biorremediación [29] para el tratamiento del agua en las piscinas de un centro deportivo de la ciudad de Hermosillo como una estrategia de sustentabilidad.

## METODOLOGÍA

El enfoque utilizado en la presente investigación fue cuantitativo, ya que la información se obtuvo por medio del monitoreo constante de la calidad del agua de dos piscinas, sobre el uso de materiales y sustancias peligrosas para el tratamiento de la misma. El estudio se llevó a cabo en un centro deportivo ubicado en la ciudad de Hermosillo, Sonora. Éste fue seleccionado debido al interés de los operadores de colaborar con proyectos que promuevan la sustentabilidad.

Para llevar a cabo la recolección de información, se utilizaron los siguientes instrumentos: 1) Bitácora de uso de materiales peligrosos, 2) Kit de prueba de calidad del agua, modelo 78HR plus all-in-one y 3) un test de prueba para la medición de la dureza del agua modelo 5B. Los parámetros de calidad se evaluaron con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-245-SSA1-2010, Requisitos sanitarios y calidad del agua que deben cumplir las albercas. El monitoreo se llevó a cabo en el periodo comprendido de diciembre de 2013 a abril de 2014.

## RESULTADOS

Para respaldar la propuesta del uso de la técnica de biorremediación en el tratamiento del agua fue necesario conocer los métodos y materiales utilizados para tratar el agua de las dos piscinas con las que cuenta el centro deportivo estudiado, así como la cantidad de agua utilizada a fin de darle una idea a lector del impacto ambiental, por el uso de este recurso.

Tanto la Norma Sanitaria NOM-245-SSA1-2010 como la Norma Técnica Sanitaria para albercas de la Secretaría de Salud del Estado de Sonora [30] establecen que se debe de reponer el 5% del agua de cada alberca diariamente, por lo que la tabla 1 muestra la estimación de agua requerida diaria para atender lo establecido en la normatividad.

Tabla 1. Consumo estimado de agua de reposición diaria para las piscinas.

Tipo de piscina	Cantidad (m <sup>3</sup> )
Fosa de clavados	105.0
Piscina olímpica	102.5



La tabla 2 muestra la frecuencia de la medición de la calidad del agua en las piscinas de los parámetros cloro, pH, alcalinidad, dureza, temperatura, claridad del agua y amiba de la vida libre.

Tabla 2. Frecuencia de medición de los parámetros de calidad del agua.

Parámetro	Frecuencia de medición
Cloro	5 días a la semana
pH	5 días a la semana
Alcalinidad	1 día a la semana
Dureza	1 día a la semana
Temperatura	1 día a la semana
Claridad del agua	5 días a la semana
Amiba de la vida libre	2 veces por mes

El promedio de los resultados obtenidos durante el monitoreo de la calidad del agua en la fosa de clavados, se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Promedio de los parámetros de calidad del agua de la fosa de clavados.

Mes	pH	Alcalinidad (mg/L)	Cloro residual (ppm)	Dureza (mg/L)	Temperatura (°C)	Amiba de la vida libre
Diciembre	7.6	110.00	3.00	s/m	21.30	Negativo
Enero	7.6	108.33	2.77	229.50	23.75	Negativo
Febrero	7.6	86.00	2.85	231.20	25.25	Negativo
Marzo	7.6	<b>78.33</b>	2.73	209.60	25.00	Negativo
Abril	7.6	82.00	2.60	214.2	24.80	Negativo

En la tabla 4, se presentan los resultados promedios de las mediciones hechas en la alberca olímpica.

Tabla 4. Promedio de los parámetros de calidad del agua de la alberca olímpica.

Mes	pH	Alcalinidad (mg/L)	Cloro residual (ppm)	Dureza (mg/L)	Temperatura (°C)	Amiba de la vida libre
Diciembre	<b>6.83</b>	<b>60.00</b>	<b>0.71</b>	s/m	21.30	Negativo
Enero	7.08	58.33	1.98	314.50	23.20	Negativo
Febrero	7.20	<b>56.00</b>	2.12	265.20	25.25	Negativo
Marzo	7.20	<b>55.00</b>	2.07	263.50	24.25	Negativo
Abril	7.20	<b>70.00</b>	1.84	285.60	24.60	Negativo

Para lograr los parámetros establecidos en la normatividad, mismos que se presentan en la tabla 5, se requiere del uso de importantes cantidades de productos químicos. En la tabla 6 se muestran los resultados de las cantidades de las sustancias ocupadas en el periodo de estudio. Es importante mencionar que en el verano, considerado como temporada alta, las cantidades de productos químicos se elevan significativamente, debido a la gran afluencia de usuarios.





Tabla 5. Límites de los parámetros para la calidad de agua de piscinas establecidos por la Secretaría de Salud Pública del Estado de Sonora.

Parámetro	Mínimo	Máximo
Cloro residual (ppm)	1.0	3.0
pH	7.2	8.0
Alcalinidad (mg/L)	80.0	120.0
Dureza (mg/L)	200.0	350.0
Temperatura (°C)	18.0	--
Claridad del agua	Visible todo el tiempo	
Prueba microbiológica	Negativa	

Tabla 6. Cantidades de productos químicos utilizados semanal y mensualmente en las piscinas del complejo deportivo (n/a = no aplica).

Nombre comercial	Marca	Formulación	Cantidad semanal Olímpica	Cantidad semanal Fosa	Cantidad mensual olímpica	Cantidad mensual fosa
Trizide cloro 3" tabletas	Spin	Tableta	150-200 tabletas	150-200 tabletas	600-800 tabletas	600-800 tabletas
Trizide cloro granulado	Spin	Granulado	45 kg	45 kg	180 kg	180 kg
Shock correctivo	Spin	Polvo	6.25 kg	n/a	25 kg	n/a
Cristalin	Spin	Líquido	10 litros	10 litros	40 litros	40 litros
Bicarbonato de sodio	--	Polvo	10 kg	n/a	40 litros	n/a

## DISCUSIÓN

Al comparar los resultados obtenidos de la calidad del agua en las piscinas con los parámetros establecidos en la normatividad (tabla 5) se observa que en la fosa de clavados el valor de alcalinidad estuvo por debajo de lo establecido en el mes de marzo. Para el caso de la alberca olímpica, en el mes de diciembre no se cumplió con los parámetros establecidos para alcalinidad, cloro residual y pH. En enero no se cumplió con el límite de pH y alcalinidad. Destaca el hecho de que el valor de alcalinidad siempre estuvo por debajo del parámetro establecido aun cuando se hace uso de diversos productos químicos no siempre se logran los parámetros de calidad. Por lo anterior, se hace necesario tener alternativas sustentables que garanticen una mejor calidad del agua y un menor uso de productos químicos, que como marca la literatura son dañinos a la salud de los usuarios. Una de las alternativas más innovadoras es la piscina natural que se utiliza para procesos de autodepuración un sistema de fitorremediación y biofiltración (ver figura 1) integrados y descarta la utilización de sustancias químicas dañinas para la salud y el medio ambiente [31]. La fitorremediación se define como un proceso in situ o ex situ que reduce la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas. Es una opción que presenta mejor relación de costo-beneficio respecto a otros métodos empleados para el tratamiento de efluentes líquidos, además es estética y naturalmente amigable con el ambiente y la salud humana [32]. Asimismo, la biofiltración representa una opción para el tratamiento de aguas para uso urbano; su objetivo es la separación de partículas y microorganismos del agua [33]. En una piscina natural, el agua circula a través de un ecosistema de plantas acuáticas ubicadas en una cuenca adyacente. Las plantas están incrustadas en grava y crecen de manera hidropónica, enriqueciendo la piscina con oxígeno mientras que



las raíces actúan como un filtro biológico, manteniendo bacterias aerobias, anaerobias y facultativas que ayudan a limpiar el agua; comiendo impurezas químicas y biológicas que se encuentran en ella [34], como se esquematiza en la figura 1. Las bacterias son responsables del 90 % de las tareas de limpieza del agua [35].

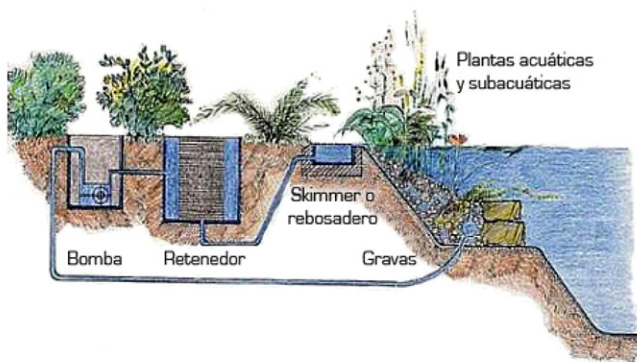


Figura 1. Esquema de funcionamiento de una piscina natural. Fuente: <http://www.bionova.com>.

## CONCLUSIONES

La integración de la fitorremediación y la biofiltración surge como una propuesta innovadora de alternativa sustentable a los tratamientos de limpieza de agua de las piscinas; Este artículo presenta un análisis de algunos de los daños causados a la salud por la utilización de productos químicos en el tratamiento de agua de las piscinas, principalmente el cloro. Asimismo da una introducción a una alternativa sustentable, que si bien, no es muy conocida en México, representa una técnica que brinda beneficios tanto al usuario, a todas aquellas personas que se encuentren cerca de ellas, como al ambiente. Por otro lado, se cuida el agua ya que las piscinas utilizan grandes cantidades de este recurso natural tan escaso en nuestra zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Beggs, S., Foong, Y., Le, H., Noor, D., Wood-Baker, R., Walters, J. [2013]. Swimming training for asthma in children and adolescents aged 18 years and under. *Pediatric Respiratory Reviews*. Recuperado el día 28 de Marzo del 2014 en <http://dx.doi.org/10.1016/j.prrv.2013.03.002>.
- 2) Beretta, S., Vivaldo, T., Morelli, M., Carlucci, P., Zuccotti, G. [2011]. Swimming pool-Induced asthma. *Investing Allergol Clin Immunol*, 240-241. Recuperado el día 21 de Febrero del 2014 en <http://www.jiaci.org/issues/vol21issue3/12.pdf>.
- 3) Weisel, C., Richardson, S., Benoit Nemery, Aggazzotti, G., Baraldi, E., Blatchley III, E., Blount, B., Carlsen, K., Eggleston, P., Frimmel, F., Goodman, M., Gordon, G., Grinshpun, S., Heederik, D., Kogevinas, M., LaKind, J., Nieuwenhuijsen, M., Piper, F., Sattar, S. [2009]. Childhood Asthma and Environmental Exposures at Swimming Pools: State of the Science and Research Recommendations. *Environmental Health Perspectives* 500- 507. Recuperado el día 26 de marzo del 2014 en <http://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/117/4/ehp.11513.pdf>.
- 4) CDC, Center for disease control and prevention [2013]. Natación saludable. Recuperado el día 09 de enero del 2014 en [www.cdc.gov/healthywater/swimming/health\\_benefits\\_water\\_exercise.html](http://www.cdc.gov/healthywater/swimming/health_benefits_water_exercise.html).
- 5) Castro, N., Chaidez, C. [2003]. Riesgos microbiológicos asociados con el uso de piscinas públicas. *Agua latinoamericana*, pp. 16-20. Recuperado el día 16 de enero del 2014 en <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/nivel%20basico%20mar03.pdf>.
- 6) Villanueva, C., Ribera, L.F. [2012]. Health impact of disinfection by-products in swimming pools. *Ann Ist Super Sanita* 387-396. Recuperado el día 14 de Enero del 2014 en [http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0021-25712012000400006&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0021-25712012000400006&script=sci_arttext&lng=pt).
- 7) Papadopoulou, C., Economou, V., Sakkas, H., Gousia, P., Giannakopoulos, X., Dontorou, C., Filioussis, G., Gessouli, H., Karanis, P., Leveidiotou, S. [2008]. Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: Investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 385-397.
- 8) Schoefer, Y., Zutavern, A., Brockow, I., Schafer, T., Kramen, U., Schaaf B., Herbath, O., Berg A., Wichmann E., Heinrich, J. [2007]. Health risks of early swimming pool attendance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* pp. 367- 373.
- 9) Wyczarska-kokot, J. [2009]. Effect of disinfection methods on microbiological water quality in indoor swimming pools. *Architecture civil engineering environment* pp.145-152.
- 10) Lika, M., Dako, A., Mece O. [2010]. The microbial pollution in pools and diseases connected with them. *Natura Montenegrina*, pp. 859-866. Recuperado el día 14 de Noviembre del 2013 en <http://www.pmcg.co.me/nm9/Lika%20et%20al%20ISEM4.pdf>.
- 11) Bilajac, L., Vukic, D., Doko, J., Tomislav, R. [2012]. Microbiological indicators of water quality in indoor hotel swimming pools before and after training of swimming pools operators. *Journal of Water & Health*, pp. 108-112.
- 12) Florentin, A., Hautemaniere, A., Hartemann, P. [2011]. Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 461-469. Recuperado el día 15 de febrero del 2014 en [http://ac.els-cdn.com/S1438463911001313/1-s2.0-S1438463911001313-main.pdf?\\_tid=e97fe066-094c-11e4-8b51-00000aab0f27&acdnat=1405118846\\_e1617bf3382fb55a39096524deba66db](http://ac.els-cdn.com/S1438463911001313/1-s2.0-S1438463911001313-main.pdf?_tid=e97fe066-094c-11e4-8b51-00000aab0f27&acdnat=1405118846_e1617bf3382fb55a39096524deba66db).
- 13) Delgado, M., Hernández, A., Hormigo, F., Hardisson, A., Álvarez, R. [1992]. Análisis microbiológico y fisicoquímico del agua de piscinas de la isla de Tenerife. *Rev. San Hig Pub*, 281-289. Recuperado el día 14 de Marzo del 2014 en [http://www.msssi.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos\\_propios/resp/revista\\_cdrom/VOL66/66\\_5\\_281.pdf](http://www.msssi.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL66/66_5_281.pdf).
- 14) Nemery, B., Hoet, P., Nowak, D. [2002]. Indoor swimming pools, water chlorination and respiratory health. *European Respiratory Journal*, 790-793.
- 15) ATSDR, Agency for toxic substances and disease registry [2010]. Chlorine. Recuperado el día 24 de Febrero del 2014 en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=200&tid=36>.
- 16) Thickett, K., McCoach, J., Gerber, J., Sadhra, S., Burge, S. [2002]. Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. *European respiratory journal*, pp. 827-832. Recuperado el 07 de enero del 2014 <http://erj.ersjournals.com/content/19/5/827.full.pdf+html>.
- 17) Freixa, A., Benés, A., Guardino, X. [2005]. NTP 690: Piscinas de uso público [II]. Peligrosidad de productos químicos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

- Recuperado el día 07 de Enero del 2014 en [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_690.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_690.pdf).
- 18) Naya, E. [2013]. Maintenance of a swimming pool water circuit. Bachelor in engineering. University of Metropolia. Helsinki, Rusia. Recuperado el día 23 de marzo del 2014 en [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60840/Naya\\_Enrique.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60840/Naya_Enrique.pdf?sequence=1).
  - 19) Hansen, K. [2013]. Strategies for chemically public swimming pools. Phd Thesis. Techival University of Denmark, Denmark. Recuperado el día 18 de Febrero del 2014 en [http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:118877/datastreams/file\\_e314ada4-0120-4065-a11a-a33580a40473/content](http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:118877/datastreams/file_e314ada4-0120-4065-a11a-a33580a40473/content).
  - 20) Godo, J. [2010]. Tratamiento avanzado del agua de una piscina a través de la radiación ultravioleta. Piscinas XXI, 229, 59-64.
  - 21) Fernández, A. [2012]. Los tratamientos químicos del agua en piscinas cubiertas como elemento clave en la gestión de la instalación y la salud de nadadores y trabajadores. Tesis de Doctorado, Universidad de Castilla- La Mancha, España. Recuperado el día 04 de Noviembre del 2013 en [http://www.investigacionengestiondeportiva.es/Tesis/Tesis\\_AlvaroFernandezLuna.pdf](http://www.investigacionengestiondeportiva.es/Tesis/Tesis_AlvaroFernandezLuna.pdf).
  - 22) Squadrito, G. L., Postlethwait, E. M., y Matalon, S. [2010]. Elucidating Mechanisms of Chlorine Toxicity: Reaction Kinetics, Thermodynamics, and Physiological Implications. American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology, pp. 299-300.
  - 23) Medina, M. F., y Jiménez-Valenzuela, A. [2011]. Mantenimiento integral de instalaciones deportivas: Tratamiento de aguas en piscinas. Cádiz: Instituto Andalúz del Deporte.
  - 23) Lee, J., Ha, K. T., Zoh, K. D. [2009]. Characteristics of trihalomethane [THM] production and associated health risk assessment in swimming pool waters treated with different disinfection methods. Science of the Total Environment, 407[6], 1990-1997.
  - 24) Adamson, R., Sommerfeld, M. [1978]. Survey of swimming pool algae of the Phoenix, Arizona, Metropolitan area. Journal of phycology, 519-521.
  - 25) Secretaria de Salud [2012]. Requisitos sanitarios y calidad del agua que deben cumplir las albercas [Online] Recuperado el día 10 de Noviembre del 2013 [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012).
  - 26) Forrest, N., Williams, E. [2010]. Life cycle environmental implications of residential swimming pools. Environmental Science Technology 5601-5607. Recuperado el día 13 de noviembre del 2013 en <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es100422s>.
  - 27) Martins, F. [2009]. Sustainability issues in swimming pools and spas. Recuperado el 14 de Diciembre del 2013 en <http://www.pwttag.org/researchdocs/SUSTAINABILITY%20ISSUES%20IN%20SWIMMING%20POOLS%20AND%20SPAS.pdf>.
  - 28) Garbisu, C., Amézaga, I., Alkorta, I. [2002]. Biorremediación y Ecología. Ecosistemas, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Recuperado el día 15 de Julios del 2014 en <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/591/558>.
  - 29) SEGOB, Secretaria de Gobernación [2012]. Norma Oficial Mexicana NOM-245-SSA1-2010, Requisitos sanitarios y calidad del agua que deben cumplir las albercas. Recuperado el día 14 de Enero del 2013 en [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012)
  - 30) Casanovas-Massana, A., Blanch, AR. [2013]. Characterization of microbial populations associated with natural swimming pools. International Journal of hygiene and environmental health, pp.132-137.
  - 31) Guevara, A., De la Torre, E., Villegas, A., Criollo, E. [2009] Uso de la rizofiltración para el tratamiento de efluentes líquidos de cianuración que contienen cromo, cobre y cadmio. Revista latinoamericana de metalurgia y materiales, pp. 871-878. Recuperado el día 04 de Mayo del 2014 en <file:///C:/Users/Enrique%20Velazquez/Downloads/RLMMArt-09S01N2-p871.pdf>.
  - 32) Arango, A. [2004]. La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. Revista Lasallista de Investigación, vol. 1, núm. 2, pp. 61-66. Recuperado el 10 de agosto del 2014 en <http://www.redalyc.org/pdf/695/69510210.pdf>.
  - 33) Hilleary, A. [2013] Natural swimming pools & ponds. Total habitat books, second edition.
  - 34) Sánchez, J. [2011]. Estudio de la implantación de piscinas ecológicas en las piscinas municipales de Cataluña. Recuperado el día 05 de agosto del 2014 en <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/11554/1/MEMORIA.pdf>.

