

Gómez Enri, J.; Pérez Cayeiro, M.; Arcila Garrido, M.; Chica Ruíz, J.; Mañanes Salinas, R.; Román-Cascón, C.; Tejedor Álvarez, B.; Barragán Sánchez, J.; Moreno Camacho, J. El proyecto DESPISTE como fuente de información para la evaluación de la presión de las piscinas de uso privado sobre masas de agua subterránea

# El proyecto DESPISTE como fuente de información para la evaluación de la presión de las piscinas de uso privado sobre masas de agua subterránea

**Gómez Enri, Jesús<sup>1</sup> Pérez Cayeiro, María Luisa<sup>1</sup> Arcila Garrido, Manuel<sup>1</sup> Chica Ruíz, Juan Adolfo<sup>1</sup> Mañanes Salinas, Rafael<sup>1</sup> Román-Cascón, Carlos<sup>1</sup> Tejedor Álvarez, Begoña<sup>1</sup> Barragán Sánchez, Jesús<sup>2</sup> Moreno Camacho, Juan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidad de Cádiz, España

<sup>2</sup> Ayuntamiento de Chiclana de la Frontera

<sup>3</sup> Ayuntamiento de Conil de la Frontera

**ORCID:** Gómez Enri 0000-0001-6053-5160 Pérez Cayeiro 0000-0001-9652-1342 Arcila Garrido 0000-0002-9724-3767 Chica Ruíz 0000-0001-7215-4015 Mañanes Salinas 0000-0003-1987-478X Román-Cascón 0000-0003-4724-8102 Tejedor Álvarez 0000-0002-3022-8095 Barragán Sánchez 0000-0002-0498-7821

**Correspondencia:** [jesus.gomez@uca.es](mailto:jesus.gomez@uca.es) [isa.perez@uca.es](mailto:isa.perez@uca.es) [manuel.arcila@uca.es](mailto:manuel.arcila@uca.es) [adolfo.chica@uca.es](mailto:adolfo.chica@uca.es) [rafael.salinas@uca.es](mailto:rafael.salinas@uca.es) [carlos.roman@uca.es](mailto:carlos.roman@uca.es) [begonia.tejedor@uca.es](mailto:begonia.tejedor@uca.es) [jbarraga@chiclananatural.com](mailto:jbarraga@chiclananatural.com) [juan.moreno.camacho@conil.org](mailto:juan.moreno.camacho@conil.org)

## RESUMEN

La gestión municipal del territorio necesita contar con información diversa de calidad y actualizada, que ayude a sus responsables a la toma correcta de decisiones. La gestión de los recursos hídricos supone uno de los grandes retos a nivel municipal, especialmente en municipios costeros con una fuerte actividad turística, principalmente durante la época estival. La Teledetección es una herramienta muy eficaz a la hora de suministrar información de gran calidad a distintas escalas tanto espaciales como temporales. Dicha información se puede complementar con otras fuentes de datos disponibles en abierto. En este trabajo presentamos una metodología para la detección de piscinas de uso privado en dos municipios de la vertiente atlántica de la provincia de Cádiz: Chiclana de la Frontera y Conil de la Frontera. A partir del análisis de imágenes ópticas de gran resolución espacial (25 cm de tamaño de píxel), obtenidas en junio/julio de 2022 en el marco de los vuelos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, junto con información disponible en el catastro, se ha encontrado que el 40% de las piscinas detectadas en Chiclana de la Fra. no están registradas en el catastro, mientras que en el caso de Conil de la Fra. este porcentaje se reduce al 26%. Aunque la superficie de Chiclana de la Fra. es 2,3 veces superior, el número de piscinas no registradas en el catastro es 5 veces superior a las detectadas en Conil de la Fra. Esto se refleja en la densidad de piscinas por km<sup>2</sup> (tanto registradas como no registradas en el catastro). Con la información generada a partir de datos procedentes de repositorios de carácter gratuito, ambos municipios podrán contar con información útil para una mejor gestión de sus recursos hídricos, especialmente en periodos de fuertes sequías.







**Palabras clave:** Teledetección, planificación urbanística, piscinas, recursos hídricos

Fecha de recepción: 13 febrero 2026 · Fecha de aceptación: 13 febrero 2026


# El proyecto DESPISTE como fuente de información para la evaluación de la presión de las piscinas de uso privado sobre masas de agua subterránea

Gómez Enri, Jesús <sup>(1)</sup>, Pérez Cayeiro, María Luisa <sup>(1)</sup>, Arcila Garrido, Manuel <sup>(1)</sup>, Chica Ruíz, Juan Adolfo <sup>(1)</sup>, Mañanes Salinas, Rafael <sup>(1)</sup>, Román-Cascón, Carlos <sup>(1)</sup>, Tejedor Álvarez, Begoña <sup>(1)</sup>, Barragán Sánchez, Jesús <sup>(2)</sup>, Moreno Camacho, Juan <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Cádiz, España.

 0000-0001-6053-5160, [jesus.gomez@uca.es](mailto:jesus.gomez@uca.es) ;  0000-0001-9652-1342, [isa.perez@uca.es](mailto:isa.perez@uca.es)  
 0000-0002-9724-3767, [manuel.arcila@uca.es](mailto:manuel.arcila@uca.es) ;  0000-0001-7215-4015, [adolfo.chica@uca.es](mailto:adolfo.chica@uca.es)  
 0000-0003-1987-478X, [rafael.salinas@uca.es](mailto:rafael.salinas@uca.es) ;  0000-0003-4724-8102, [carlos.roman@uca.es](mailto:carlos.roman@uca.es)  
 0000-0002-3022-8095, [begonia.tejedor@uca.es](mailto:begonia.tejedor@uca.es)

<sup>(2)</sup> Ayuntamiento de Chiclana de la Frontera, Cádiz, España.

 0000-0002-0498-7821, [jbarraga@chiclananatural.com](mailto:jbarraga@chiclananatural.com)

<sup>(3)</sup> Ayuntamiento de Conil de la Frontera Cádiz, España.

[juan.moreno.camacho@conil.org](mailto:juan.moreno.camacho@conil.org)

**Resumen:** La gestión municipal del territorio necesita contar con información diversa de calidad y actualizada, que ayude a sus responsables a la toma correcta de decisiones. La gestión de los recursos hídricos supone uno de los grandes retos a nivel municipal, especialmente en municipios costeros con una fuerte actividad turística, principalmente durante la época estival. La Teledetección es una herramienta muy eficaz a la hora de suministrar información de gran calidad a distintas escalas tanto espaciales como temporales. Dicha información se puede complementar con otras fuentes de datos disponibles en abierto. En este trabajo presentamos una metodología para la detección de piscinas de uso privado en dos municipios de la vertiente atlántica de la provincia de Cádiz: Chiclana de la Frontera y Conil de la Frontera. A partir del análisis de imágenes ópticas de gran resolución espacial (25 cm de tamaño de píxel), obtenidas en junio/julio de 2022 en el marco de los vuelos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, junto con información disponible en el catastro, se ha encontrado que el 40% de las piscinas detectadas en Chiclana de la Fra. no están registradas en el catastro, mientras que en el caso de Conil de la Fra. este porcentaje se reduce al 26%. Aunque la superficie de Chiclana de la Fra. es 2,3 veces superior, el número de piscinas no registradas en el catastro es 5 veces superior a las detectadas en Conil de la Fra. Esto se refleja en la densidad de piscinas por km<sup>2</sup> (tanto registradas como no registradas en el catastro). Con la información generada a partir de datos procedentes de repositorios de carácter gratuito, ambos municipios podrán contar con información útil para una mejor gestión de sus recursos hídricos, especialmente en periodos de fuertes sequías.

**Palabras clave:** Teledetección, planificación urbanística, piscinas, recursos hídricos.

## ***The DESPISTE project as a source of information for the assessment of the pressure on groundwater bodies from private swimming pools***

**Abstract:** *The local land management requires access to high-quality and updated information to help managers make the best decisions. Water resource management is one of the major challenges at the municipal level, especially in coastal municipalities with significant tourism activity, primarily (but not exclusively) during the summer months. Remote Sensing is a highly effective tool for providing high-quality information at various spatial and temporal scales. This information can be complemented with other free data sources. In this paper, we present a methodology for detecting privately owned swimming pools in two municipalities on the Atlantic coast of the province of Cadiz: Chiclana de la Frontera and Conil de la Frontera. Based on the analysis of high spatial resolution optical images (25 cm pixel size) obtained in June/July 2022 as part of the National Aerial Orthophotography Plan flights, along with information available in the cadastral registry, we found that 40% of the swimming pools detected in Chiclana de la Fra. are not registered in the cadastral registry, while in the case of Conil de la Fra. this percentage is*

reduced to 26%. Although the area of Chiclana de la Fra. is 2.3 times larger than Conil, the number of swimming pools not registered in the cadastral registry is 5 times higher in Chiclana de la Fra. This is also reflected in the density per km<sup>2</sup> of swimming pools (both registered and unregistered). With the information generated from data from free repositories, both municipalities will have access to useful information for better management of their water resources, especially during periods of severe droughts.

**Keywords:** Remote Sensing, urban planification, swimming pools, water resources

## 1. INTRODUCCIÓN

La frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor y la creciente duración de los periodos de sequía, debido principalmente a los efectos del cambio climático han aumentado de manera significativa en muchas regiones mediterráneas. La provincia de Cádiz no es ajena a los efectos que provoca una menor precipitación durante el año hidrológico que, junto con una mayor presión por el incremento del turismo residencial y el aumento de la población en algunos municipios, sobre todo costeros, hace que el agua sea cada vez más escasa como recurso básico y, por lo tanto, más difícil de gestionar. A esta problemática se enfrentan los ayuntamientos de los municipios objeto de estudio: Chiclana de la Frontera y Conil de la Frontera, ambos situados en la vertiente atlántica de la provincia de Cádiz (Figura 1). El número de piscinas de uso privado en ambas localidades ha aumentado significativamente en los últimos años, pero se desconoce el número real y cómo ha sido su evolución reciente. Esta circunstancia provoca una presión añadida al recurso agua, tanto en lo que respecta a la red de abastecimiento como a la explotación del acuífero, lo que dificulta aún más la gestión hídrica que tienen que realizar los municipios. A esto se añade el suministro extra para evitar la pérdida por evaporación de agua que se produce en las piscinas (Hof *et al.*, 2018).

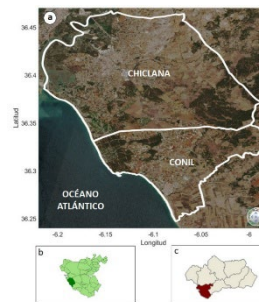
El proyecto DESPISTE: *DEtección y eStudio de PIScinas mediante técnicas y herramientas de TEledetección en municipios turísticos costeros de la provincia de Cádiz*, ha comenzado a ejecutarse en septiembre de 2025, con una duración de 2 años. El objetivo principal es aplicar herramientas y técnicas de Teledetección de bajo coste para la identificación y caracterización de piscinas de uso privado, con el fin de mejorar el conocimiento en esta materia y favorecer la gestión de los recursos hídricos.

En este trabajo se muestran los resultados preliminares obtenidos en los tres primeros meses de ejecución. Concretamente, se analizará la información generada sobre el número total de piscinas de uso privado en ambos municipios a fecha julio de 2022, diferenciando entre aquéllas que se encuentran registradas en el catastro y las que no lo están. Los datos utilizados para esta investigación se han recopilado exclusivamente de fuentes públicas y accesibles.

## 2. ZONA DE ESTUDIO

El trabajo se centra en dos municipios costeros de la provincia de Cádiz: Chiclana de la Fra. y Conil de la Fra.

(Figura 1); ambos tienen el turismo como uno de los principales motores de sus respectivas economías. En este sentido, las segundas residencias en las cercanías de sus respectivas playas son un foco de atracción que conlleva una alta densidad de población, especialmente en los meses de verano. Según el Instituto Nacional de Estadística, Chiclana de la Fra. cuenta con 90864 habitantes (revisión del padrón municipal de 2025), mientras que Conil de la Fra. cuenta con 24102 habitantes.



**Figura 1.** Zona de estudio (1.a): Chiclana de la Frontera y Conil de la Frontera, situados en la vertiente atlántica de la provincia de Cádiz (1.b), Andalucía (1.c).

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. Imágenes del PNOA

Las imágenes usadas en este trabajo se descargaron de la página web del PNOA (<https://pnoa.ign.es/>). Las imágenes tienen una resolución espacial de 25 cm (tamaño de píxel) y tienen formato GeoTIFF. De los productos que ofrece el PNOA, se han usado las ortofotos de Máxima Actualidad, que se corresponden con los mosaicos de ortofotos definitivas más recientes disponibles en la página web, realizadas en la zona de estudio durante junio y julio de 2022. En la página web del PNOA se proporcionan las especificaciones técnicas de las ortofotos usadas. La descarga es libre y gratuita, bajo licencia CC-BY 4.0.

### 3.2. Información catastral

Para reducir parte de la incertidumbre asociada a la metodología de detección automática de piscinas (sección 3.3), se ha utilizado la información catastral de ambos términos municipales a fecha de julio de 2022. Se ha empleado la información de las parcelas existentes (rústicas y urbanas) y el tipo de construcción en cada parcela. Dentro de cada parcela, el término 'PI' hace referencia a la existencia de una piscina. Esto ha permitido añadir piscinas que el procedimiento descrito no había podido aislar y también eliminar falsos positivos.

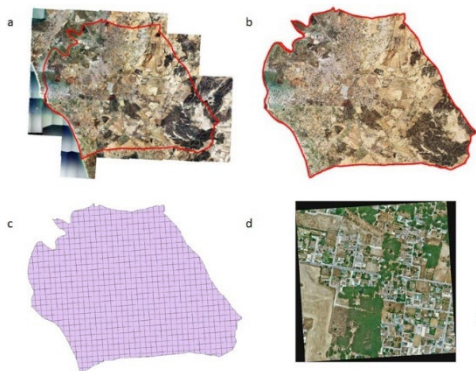
La información catastral se puede descargar de manera gratuita en: <https://www.sedecatastro.gob.es/>.

### 3.3. Metodología

El procedimiento seguido se basa en la detección automática de piscinas utilizando imágenes ópticas de alta resolución espacial. Se ha desarrollado un algoritmo de detección de piscinas que combina dos bandas RGB (rojo y azul) de la imagen, generándose una imagen binaria en la que cada píxel tiene un nivel digital igual a 0 (si no pertenece a la piscina) o 1 (si forma parte de ella). Posteriormente, se ha aplicado una técnica de umbralización y segmentación para eliminar falsos positivos y se ha recurrido a la información procedente del catastro para completar las detecciones, añadiendo las piscinas registradas en el catastro que no han sido detectadas por el algoritmo. A continuación, se describe brevemente la metodología seguida.

#### 3.3.1. Creación de sub-imágenes

Se descargaron las ortofotos del PNOA que cubrían ambos términos municipales y un *shapefile* con los límites del término municipal de cada municipio, del Centro de Descargas del CNIG (IGN): <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home>. El siguiente paso consistió en la unión de las ortofotos con el objetivo de tener una sola imagen con la que poder crear subimágenes de pequeño e igual tamaño, para que pudieran ser procesadas. Posteriormente, se eliminó toda la información que no estuviese dentro del término municipal y posteriormente se crearon las sub-imágenes con una superficie de 0.5 x 0.5 km<sup>2</sup>, las cuales se guardaron en formato GeoTIFF. Estos pasos se muestran en la Figura 2, tomando como ejemplo el término municipal de Chiclana de la Fra.



**Figura 2.** Fases del pre-procesamiento de imágenes ópticas: conjunto de imágenes que abarcan el término municipal de Chiclana de la Fra. (2.a), eliminación de información que se encuentre fuera de los límites del municipio (2.b), selección del tamaño de cuadrícula (2.c) y generación de las sub-imágenes.

#### 3.3.2. Índice de Diferencia Normalizada de Piscinas (NDSPI)

El siguiente paso consistió en utilizar un índice que permitiese diferenciar las piscinas del resto de usos del terreno. Se usó el Índice de Diferencia Normalizada de Piscinas (NDSPI por sus siglas en inglés), obtenido a partir del estudio realizado por Rodríguez-Cuenca y Alonso (2014). Se fundamenta en que las piscinas

poseen una signatura espectral diferente a otros cuerpos de agua, debido a sus propiedades y al color que poseen. En el trabajo mencionado, identifican la mayor reflectancia en el color azul y menor en el rojo. De esta forma, se crea el NDSPI siguiendo (Eq. 1):

$$NDSPI = \frac{ND_{azul} - ND_{rojo}}{ND_{azul} + ND_{rojo}} \quad (1)$$

donde  $ND_{azul}$  y  $ND_{rojo}$  son los niveles digitales en la imagen GeoTIFF, relacionados con la reflectancia de la superficie correspondiente a las longitudes de onda del color azul y rojo, respectivamente.

#### 3.3.3. Umbralización

A la imagen creada con el índice NDSPI se le aplicó un umbral para retener sólo aquellos píxeles con alta probabilidad de pertenecer a una piscina. La discriminación se hizo empleando un umbral mediante el método descrito en Otsu (1979). Este paso crea una imagen binarizada (cada píxel tendrá un nivel digital igual a 0 ó 1). Posteriormente, se eliminaron falsos positivos discriminando por tamaño las detecciones. Se consideraron detecciones válidas aquellas que tuviesen un ancho superior a 1.2 m y un largo inferior a 45 m. Finalmente, las detecciones obtenidas se compararon con la información suministrada por el catastro.

## 4. RESULTADOS

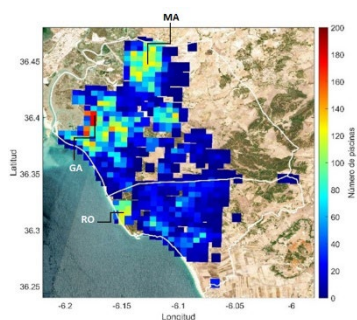
En primer lugar, se realizó una validación del procedimiento de detección de piscinas. Para ello, se llevó a cabo una inspección visual de las detecciones encontradas sobre el 10% de las imágenes (30) de Chiclana de la Fra. De las 1136 piscinas registradas en el catastro, el 83% (948) fueron detectadas. Del 17% restante, el 54% se corresponde con piscinas indetectables por diversos motivos: piscinas abandonadas, situadas dentro de una vivienda, tapadas por arbolado, etc., mientras que el resto (46%) son piscinas que el procedimiento no fue capaz de detectar. De las detecciones no registradas en el catastro, la inspección visual determinó que el 97% correspondían a piscinas y sólo un 3% fueron consideradas falsas detecciones. Estos resultados demuestran que el procedimiento seguido es bastante eficaz detectando piscinas.

La Tabla 1 muestra información sobre el nº total de piscinas detectadas (registradas y no registradas en el catastro). El nº total de piscinas es tres veces mayor en Chiclana de la Fra., mientras que el nº de piscinas no registradas en el catastro es 5 veces superior. Considerando la superficie de ambos términos municipales, la densidad de piscinas por km<sup>2</sup> es de 73,95 piscinas/km<sup>2</sup> (Chiclana de la Fra.) y 52,77 piscinas/km<sup>2</sup> (Conil de la Fra.). Si se tiene en cuenta únicamente la superficie en la que existen piscinas, la densidad sube a 172,98 piscinas/km<sup>2</sup> (Chiclana de la Fra.) y 92,59 piscinas/km<sup>2</sup> (Conil de la Fra.). Esto implica que en julio de 2022 la presión sobre el recurso agua debido a la existencia de piscinas (tanto registradas como no registradas en el catastro), era casi el doble en Chiclana de la Fra., respecto a Conil de la Fra.

**Tabla 1.** Información sobre la superficie, nº total de piscinas detectadas y nº de piscinas detectadas que no aparecen registradas en el catastro.

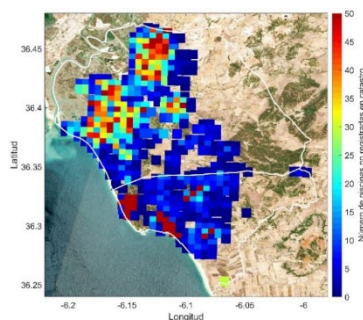
Municipio	Superficie (km <sup>2</sup> )	Nº total de piscinas	Nº de piscinas no registradas
Chiclana	207	15309	6114 (40%)
Conil	88,61	4676	1209 (26%)

La Figura 3 muestra la distribución del número total de piscinas detectadas en ambos municipios para cada sub-imagen analizada. En Chiclana de la Fra. se observa un número mayor de sub-imágenes con una alta densidad de piscinas (>100). En algunos casos, se llega incluso a superar las 180/190 piscinas en una superficie de 0,25 km<sup>2</sup>, correspondiente al área de cada sub-imagen (equivalente a 25 ha). La mayor concentración se observa para el caso de Chiclana de la Fra., en las zonas conocidas como *los Gallos (GA)*, *el Marquesado (MA)* y parte de la playa de la *Barrosa*. En Conil de la Fra., esta alta concentración se observa en la urbanización *Roche (RO)*.



**Figura 3.** Número total de piscinas detectadas en cada sub-imagen de 0,5 km x 0,5 km en ambos municipios. MA: el Marquesado; GA: los Gallos; RO: Roche.

La Figura 4 muestra la distribución del número de piscinas detectadas que no se encuentran registradas en el catastro. En ambos municipios se constata una alta densidad de piscinas no registradas, especialmente en aquellas sub-imágenes con una alta densidad de piscinas detectadas (Figura 3). En el caso de Conil de la Fra., el número de piscinas no registradas en el catastro es superior a 50 en zonas muy concretas del municipio, mientras que, en el caso de Chiclana de la Fra., existe una mayor distribución a lo largo de buena parte del municipio donde se detectaron piscinas.



**Figura 4.** Número de piscinas detectadas que no están registradas en el catastro (ambos municipios).

## 5. CONCLUSIONES

En el marco del proyecto DESPISTE se ha analizado la distribución de piscinas de uso privado en dos municipios de la provincia de Cádiz: Chiclana de la Fra. y Conil de la Fra. Para ello, se han usado las imágenes ópticas del vuelo realizado por el PNOA durante junio/julio de 2022. La información suministrada por el catastro ha permitido mejorar el procedimiento de detección de piscinas y determinar el número de piscinas que no estaban registradas en el catastro en la fecha de toma de las imágenes. De los resultados obtenidos se pueden extraer algunas conclusiones preliminares.

El número de piscinas identificadas es tres veces superior en Chiclana de la Fra., lo cual tiene sentido si se considera que tiene una superficie 2,3 veces superior a Conil de la Fra. Por otra parte, el número de piscinas no registradas en el catastro es 5 veces superior en Chiclana de la Fra. (el 40% de las piscinas detectadas en este municipio no están registradas en el catastro, mientras que en el caso de Conil de la Fra. este porcentaje se reduce al 26%). A esto debemos sumar que la densidad de piscinas por km<sup>2</sup> no registradas en el catastro es prácticamente el doble en Chiclana. Por lo tanto, en el año de estudio existía una fuerte presión del recurso agua en ambas localidades por el uso de piscinas (especialmente durante la época estival), pero dicha presión ha demostrado ser mayor en Chiclana de la Fra. En un trabajo futuro se compararán estos resultados con lo obtenidos en 2019 y 2025, para poder analizar la tendencia en el número de piscinas de uso privado, construidas en ambos municipios durante los últimos años.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto DESPISTE (FEDER-UCA-2024-A2-11), financiado por el Programa Operativo FEDER Andalucía 2021-2027, y por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía. Las imágenes ópticas fueron obtenidas del repositorio del PNOA bajo licencia CC-BY 4.0. La información catastral ha sido suministrada por el Ministerio de Hacienda, Dirección General del Catastro.

## 7. REFERENCIAS

- Hof A., Morán-Tejeda E., Lorenzo-Lacruz J. & Blázquez-Salom M. (2018). Swimming Pool Evaporative Water Loss and Water Use in the Balearic Islands (Spain). *Water*, 10 (12):1883. <https://doi.org/10.3390/w10121883>.
- Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, (9), 62–66. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076>.
- Rodríguez-Cuenca, B., & Alonso, M. C. (2014). Semi-Automatic Detection of Swimming Pools from Aerial High-Resolution Images and LIDAR Data. *Remote Sensing* (6), 2628-2646. <https://doi.org/10.3390/rs6042628>.