

# FORTALECIMIENTO TÉCNICO Y FORMATIVO DEL DEPARTAMENTO DE HIDRAÚLICA DE LA REPÚBLICA ÁRABE SAHARAUI DEMOCRÁTICA. PROYECTO AQUA-SAHARA III.

*Jose Anta Álvarez*

*Acacia Naves García-Rendueles*

*Fco. Alberto Varela García*

*Nuria Garrido Rejo*

*Jorge Maceiras Gómez*

*Carmen Molejón Quintana*

---

## 1. INTRODUCCIÓN

En 1976 el pueblo saharauí, obligado por la ocupación de Marruecos del Sáhara Occidental, se estableció en la Hammada de Tindouf (Argelia). Desde entonces, vive en los campamentos de refugiados saharauíes, administrados por las autoridades de la República Árabe Saharaui Democrática (R.A.S.D.).

Después de más de 30 años la población refugiada sigue soportando un exilio injustificado, viviendo en condiciones precarias en una de las zonas más inhóspitas del desierto, sobreviviendo con dignidad y esperando la celebración de un referéndum que ponga fin a este conflicto territorial.



*Figura 1. Ubicación de los principales campamentos de refugiados de la RASD:  
Aaiun, Auserd, Smara y Dajla*

## 2. OBJETIVOS

De la mano de Enxeñería Sen Fronteiras Galicia (ESF-Galicia), que comenzó a trabajar en los campamentos de refugiados saharauíes en el año 2003, grupos de investigación de la Universidad de Santiago de Compostela y de la Universidade da Coruña han colaborado en la creación y fortalecimiento de la Unidad de Hidrogeología del Departamento de Hidráulica saharauí.

Este Departamento, dependiente de la Secretaría de Estado para el Agua y el Medio Ambiente de la RASD, es el encargado de la gestión y explotación de los recursos hídricos que abastecen a los casi 200.000 refugiados que viven en los campamentos.

El objetivo general del proyecto AQUA SAHARA es la mejora del abastecimiento de agua en los campamentos de refugiados saharauis en parámetros de cantidad y calidad priorizando la capacitación del personal local. Para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Fortalecimiento formativo de los técnicos y técnicas del Departamento de Hidráulica Saharaui para mejorar la capacitación de la gestión racional y de la protección de la calidad del recurso hídrico
- Fortalecimiento tecnológico y equipamiento del Departamento de Hidráulica.

Los principales resultados de la tercera fase del proyecto, realizada entre 2007 y 2008, se presentan en esta comunicación.

### **3. ANTECEDENTES Y BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Debido a los condicionantes climáticos, la supervivencia en los campamentos de refugiados saharauis está ligada al suministro de agua. Este es el sector de actuación principal de este proyecto de cooperación al desarrollo, aunque de manera transversal también se han desarrollado acciones ligadas a la gestión de los residuos sólidos urbanos y a las tecnologías de información y comunicación.

En 2001 se puso en marcha el “Proyecto Internacional para el Abastecimiento de los refugiados saharauis en Tindouf” promovido por Solidaridad Internacional Andalucía, los consorcios de Aguas del Huesna y Provincial de Aguas de Sevilla y ACNUR. Hasta entonces el agua bombeada de los pozos se distribuía con ayuda de camiones cisterna hasta pequeños depósitos familiares. Este proyecto se ha convertido en un Plan Director del sector de Abastecimiento en la zona. A partir de entonces, se está transformando el sistema de distribución por camiones en redes de distribución por tubería hasta los barrios de cada campamento.

Tras la ejecución de un pequeño proyecto de una captación por Enxeñería Sen Fronteiras Galicia, la cooperación se vincula a la Universidade de Santiago de Compostela (USC). Miembros del Área de Ingeniería del Terreno de la Escuela Politécnica Superior y voluntarios de ESF, comienzan en 2005 el proyecto de cooperación “Fortalecimiento Técnico y Formativo de la Unidad de Hidrogeología del Departamento de Hidráulica de la R.A.S.D.”. Dicho proyecto tenía por objetivo capacitar a un grupo de técnicos locales del Departamento de Hidráulica proporcionándoles formación en Hidrología Subterránea. Esta formación, continuada a lo largo de las sucesivas fases del proyecto, ha permitido crear un grupo capaz de analizar y evaluar los recursos subterráneos de los campamentos así como de diseñar nuevas captaciones.

En últimos años varias entidades han trabajado en red en este campo: ambas universidades gallegas, ESF-Galicia, Solidaridad Internacional Andalucía, ISF-Asturias, ISF-Castilla y León e ISF-Aragón. Durante este tiempo se han desarrollado labores de investigación hidrogeológica, así como programas de transferencia de tecnología para el personal técnico del Departamento de Hidráulica. Los trabajos realizados han consistido a grandes rasgos en la realización de inventarios de puntos de agua e infraestructuras de abastecimiento, estudios geológicos y geofísicos, ensayos hidrogeológicos y programas de muestreo de la calidad de agua (Docampo y Molinero, 2006).

En el año 2007, miembros de varios equipos de trabajo de la Universidade da Coruña prosiguen el trabajo iniciado por la USC en colaboración con ESF-Galicia. La tercera fase del proyecto AQUA-SAHARA continúa la línea de formación de los técnicos locales y añade un nuevo objetivo que consiste en la generación de un Sistema de Información Geográfica para la gran cantidad de información hidrogeológica y del sistema de abastecimiento que han ido generando las numerosas asociaciones que han trabajado en la zona.

Otra acción desarrollada dentro de este proyecto ha sido un diagnóstico del sistema de gestión de Residuos Sólidos Urbanos de los campamentos. Se ha elaborado un informe que pretende detectar las deficiencias del sistema y servir como base a un posible plan sectorial, además de permitir analizar las interacciones entre posibles focos de contaminación, como vertederos, con los pozos de suministro para consumo humano.

Dentro de la segunda fase del proyecto AQUASAHARA, miembros de ESF Galicia proyectaron e instalaron una conexión de internet vía satélite en el Departamento de Hidráulica que facilitaba las labores de asesoramiento a la Unidad de Hidrogeología y además permitía acceder al personal toda la información de la red para su formación. En esta fase se han vuelto a utilizar Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) de modo transversal en el proyecto para el fortalecimiento de la contraparte con la instalación de un sistema de comunicaciones vía radio entre los pozos, el edificio y los vehículos del Departamento de Hidráulica.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Sistema de Información Geográfica del acceso al agua en los campamentos de refugiados saharauis**

Se ha elaborado un Sistema de Información Geográfica (SIG) en el que se incluye toda la información hidrogeológica, de las captaciones de agua, de las redes de abastecimiento y de la calidad del agua de consumo humano disponible. Este trabajo ha sido presentado como Tesina de Investigación en la Escuela de Caminos de A Coruña (Garrido, 2008).

La información cartográfica disponible de la zona es bastante reducida, y la mayoría se encuentra en formato raster (fotografías de satélite, mapas geológicos o topográficos con poco detalle).

La información hidrogeológica y de calidad del agua ha sido el resultado de los estudios realizados en fases anteriores del proyecto (Docampo y Molinero, 2006). Esta información ha sido revisada por la Unidad de Hidrogeología del Departamento de hidráulica saharauí y contrastada en un viaje a campo. Además se ha completado la información de calidad del agua con una nueva batería de análisis de agua en muestras recogidas en Abril de 2008.

En el SIG se han incorporado también datos de las redes de abastecimiento como conducciones, valvulería, etc. y algunos elementos geográficos como carreteras, servicios o edificaciones singulares. Solidaridad Internacional Andalucía facilitó para ello ficheros CAD georeferenciados de las redes de abastecimiento proyectadas.

Además se ha incluido el inventario de vertederos elaborado por ESF Galicia dentro de este mismo proyecto para estudiar su posible afección a la calidad del agua subterránea.

Con la ayuda de esta herramienta, elaborada con el software libre gvSIG (<http://www.gvsig.gva.es/>), se han elaborado mapas temáticos sobre los sistemas de abastecimiento, la descripción de los pozos, evolución de los parámetros de calidad o sobre los perímetros de protección de captaciones. Algunos ejemplos se recogen en las Figuras 2, 3 y 4.



Figura 2. Centros de distribución de agua en los campamentos de refugiados.

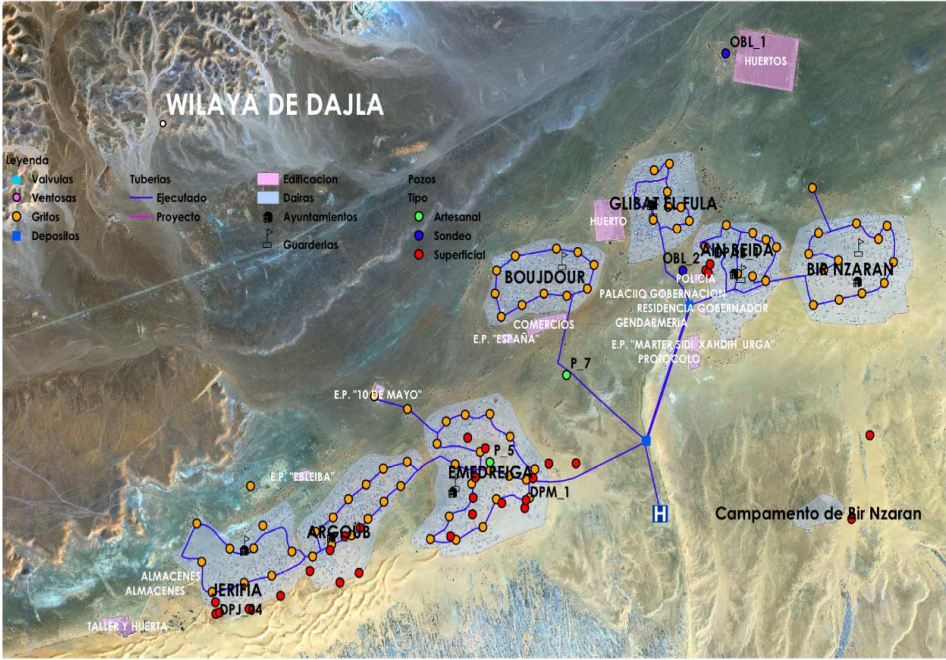


Figura 3. Sistema de Abastecimiento de Dajla (Garrido, 2008)

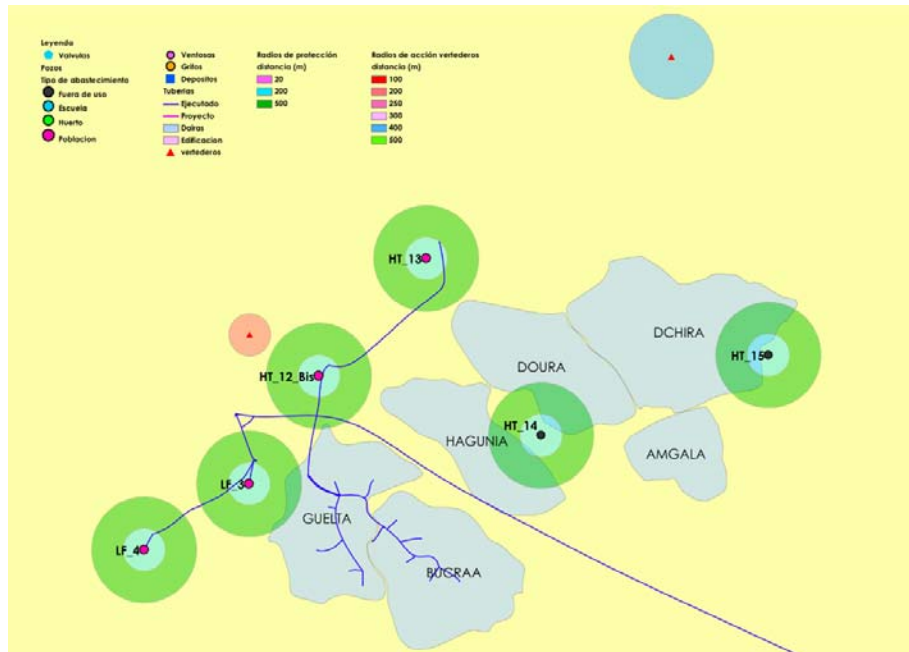


Figura 4. Perímetros de protección de pozos y ubicación de los vertederos en el Aaiún (Garrido, 2008)

#### 4.2. Gestión de los RSU

Tras la instalación de los campamentos en las proximidades de Tindouf, la gestión de los residuos consistía únicamente en evitar que los residuos se acumulasen dentro de los campamentos. Una vez se declaró el alto el fuego en 1991 comenzaron a producirse avances en este campo. Como consecuencia de la ayuda humanitaria y los proyectos de cooperación han llegado a los campamentos gran cantidad de materiales como productos envasados o bolsas de plástico y además se han creado puestos de trabajo remunerados que ha impulsado el comercio la venta de productos del exterior como telas o latas. Con el paso del tiempo esta gestión con deficiencias se ve desbordada por el largo periodo de permanencia en los campamentos de refugiados y con el aumento de la cantidad de residuos que la población no está acostumbrada a tratar.

En los últimos años numerosas ONGD's han realizado proyectos de cooperación al desarrollo en el campo de la gestión de residuos pero siempre teniendo como factor común la intermitencia y la descoordinación en sus acciones. En la actualidad los trabajos en este sector están siendo liderados por la ONGD MPDL (Movimiento por la Paz, el Desarme y la Libertad) con el apoyo económico de la ECHO (Agencia Europea de Ayuda Humanitaria).

En los campamentos saharauis, la gestión de los RSU depende del Ministerio de Salud que establece una serie de recomendaciones, pero son las wilayas las que diseñan y ejecutan con cierta independencia los planes de gestión. Además el Ministerio de Transporte también juega un papel muy importante puesto que es el que ha de facilitar los camiones y el personal para la recogida de residuos. En el futuro esta competencia pasará a manos de la Secretaría del Agua y del Medioambiente de reciente creación.

En este proyecto se ha analizado los sistemas de gestión de residuos de las 4 wilayas principales de los campamentos -Aaiún, Auserd, Smara y Dajla- así como del asentamiento del 27 de Febrero. Los planes de recogida no son homogéneos en

los diferentes asentamientos pero en todos los casos se diferencia 1) un sistema de recogida interno de recogida de basura domiciliar y 2) un sistema de recogida externa de menor frecuencia en el que se recogen animales muertos y se realiza la limpieza de los alrededores de las poblaciones. Se han tomado datos de los recursos humanos y materiales disponibles, de las rutas de recogida y sus frecuencias y de la ubicación de los principales vertederos. También se han determinado las tasas de producción de residuos en peso y en volumen para diversas fracciones como plásticos, carbón o materia orgánica.

Para el análisis de la composición de los RSU se han tomado 20 muestras de manera aleatoria en cada asentamiento (Tabla 1). Se ha encontrado que la fracción más abundante es la formada por los plásticos, ya que gran parte de la comida y bebida que llega a los campamentos lo hace en envases de este material. También llama la atención el volumen de productos textiles, que alcanza casi el 30%.

*Tabla 1. Composición volumétrica de los RSU en los campamentos de refugiados.*

<b>WILAYA</b>	<b>% Plástico</b>	<b>% Textiles</b>	<b>% Materia orgánica y carbón</b>	<b>% Otros (Pilas, latas, metal,...)</b>
EL AAIUN	53	29	7	11
AUSERD	51	32	8	9
SMARA	57	27	6	10
DAJLA	47	32	10	11
27 DE FEBRERO	62	21	4	13
<b>MEDIA</b>	<b>53</b>	<b>29</b>	<b>7</b>	<b>11</b>

Para estimar la producción de RSU por habitante y día se realizó un muestreo aleatorio compuesto por 30 muestras en cada wilaya, excepto en Dajla y en el 27 de Febrero donde no fue posible por motivos técnicos. La producción de residuos media se ha estimado en 0,3 Kg/hab/día, y en términos de volumen se puede hablar de una producción semanal en todos los campamentos de unos 120 m<sup>3</sup> (Tabla 2).

*Tabla 2. Producción de RSU en volumen y peso.*

<b>WILAYA</b>	<b>Nº de habitantes</b>	<b>Peso (kg/hab/día)</b>	<b>Peso (kg/día)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>/semana)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>/día)</b>
EL AAIUN	41985	0,31	13015	38,5	5,5
AUSERD	37796	0,24	9071	30,9	4,4
SMARA	43455	0,28	12167	40,0	5,7
DAJLA	29427	0,27	7945	16,3	2,3
27 DE FEBRERO	4368	0,27	1179	3,8	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>157031</b>	<b>0,27</b>	<b>43026</b>	<b>129,5</b>	<b>18,5</b>

La cantidad estimada de residuos generados al día en los campamentos de refugiados saharauis es de unos 43000 kg. En las wilayas El Aaiún y Smara es en las que se generan mayor cantidad de residuos porque son las más pobladas y también porque en ellas se han establecido los dos mercados más importantes.

También se ha realizado un análisis preliminar de la gestión de residuos peligrosos como baterías, aceites de automoción o residuos sanitarios, identificando los organismos y ONGD encargadas de la gestión de los mismos.

#### **4.3. Fortalecimiento del Departamento de Hidráulica mediante el uso de TICs**

En las reuniones mantenidas con los técnicos saharauis se manifestó la necesidad de mejorar la comunicación entre las unidades móviles, los pozos de los campamentos y el Departamento de Hidráulica, para agilizar así la gestión de incidencias y reducir los tiempos de reparación de averías. Hasta el momento se utilizaban teléfonos móviles argelinos y vía satélite. Ambos tienen como inconveniente el alto coste de utilización, a lo que hay que añadir los frecuentes problemas de cobertura en el caso de los móviles argelinos.

Dentro de este proyecto miembros de ESF Galicia, ISF Castilla y León e ISF Asturias ha estudiado la viabilidad para la implantación de un sistema de comunicaciones vía radio. El sistema contará con dos dispositivos en los puestos situados en las proximidades de los pozos y en el edificio del Departamento de Hidráulica que garanticen un contacto continuo y fiable entre los técnicos. Los vehículos llevarán equipos emisores de radio para poder comunicarse en puntos intermedios entre los pozos, durante la inspección de otras instalaciones o en situaciones de emergencia.

En esta fase del proyecto se han adquirido unos equipos para realizar unas pruebas iniciales, llevadas a cabo en Abril de 2008. Una vez se realice la evaluación final del proyecto (antes de finalizar 2008) se extraerán conclusiones acerca del diseño óptimo del sistema.

### **5. OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y TRABAJO FUTURO**

Se han presentado los principales objetivos y resultados del proyecto de cooperación al desarrollo "Aguasáhara 3" formulado y ejecutado por la Universidad de Coruña (UDC) en consorcio con ESF Galicia. Este proyecto constituye una nueva fase de los proyectos de fortalecimiento de la Unidad de Hidrogeología ejecutados por ESF Galicia y la Universidad de Santiago de Compostela (USC) desde 2004. Durante estos años se ha capacitado un grupo de técnicos capaces de evaluar los recursos hídricos subterráneos de los campamentos, de proyectar nuevas captaciones y de realizar una gestión más eficiente y sostenible. A la vez se han desarrollado actividades de sensibilización e incidencia en España con una difusión de la situación del pueblo saharauí y de la problemática del acceso al agua potable en los campamentos de refugiados de Tindouf.

Todo el trabajo de ESF Galicia y ambas universidades se encuadra en un Plan Director de Agua formulado por SI-Andalucía. Este proyecto marco que busca mejorar el acceso al agua principalmente mediante la construcción de infraestructuras y la sensibilización de la población en el correcto uso del agua potable. La UDC, la USC, ESF Galicia, ISF Asturias, ISF Castilla y León e ISF Aragón trabajan en red con SI-Andalucía y bajo su cobertura, apoyando este proyecto marco con proyectos de menor entidad que cubren necesidades que se hacen evidentes aprovechando las capacidades específicas de cada grupo. Este trabajo en red requiere un continuo esfuerzo de coordinación que es complicado debido al alto número de asociaciones y contrapartes involucrados y consume mucho tiempo y energía, pero también fortalece el proyecto al poner a su disposición mayor número de recursos y de capacidades específicas.

SI-Andalucía es la responsable del diseño y ejecución de las infraestructuras así como de la sensibilización de la población saharauí. Además da cobertura logística al resto de las asociaciones en los campamentos. ESF Galicia realiza un papel, con la colaboración de las universidades gallegas, de asesor hidrogeológico principalmente con el seguimiento de la calidad del agua en las captaciones y de gestión de la información. ISF Castilla y León lidera un grupo especializado en TICs con voluntarios de varias asociaciones de ISF que ha realizado una conexión a internet vía satélite en el Departamento de Hidráulica y la instalación de un sistema de radiocomunicación entre el edificio del Departamento de Hidráulica, sus vehículos y los pozos para agilizar la reparación de averías que reducen los costes de teléfono móvil y alcanza a zonas en las que no había coberturas. A raíz de los resultados de su trabajo, el grupo ha recibido varias propuestas para trabajar en otros ámbitos dentro de los campamentos como en la red de hospitales y dispensarios y en otros países. ISF Asturias lleva el peso de los Seminarios de Formación del personal Departamento de Hidráulica y de la creación y apoyo de la Unidad de Calidad de Agua que es la encargada de la toma de muestras y las analíticas para el seguimiento de la calidad del agua de consumo. ISF Aragón realiza un trabajo de investigación para la reutilización del agua de rechazo salobre de los procesos de ósmosis inversa.

Quedan abiertas varias líneas del proyecto AQUASAHAR 3 de cara al futuro. En el ámbito de la hidrogeología es importante continuar con el seguimiento la calidad del agua en los pozos, completando las analíticas que realice el Departamento de Hidráulica con otras más completas que permitan controlar parámetros que no es posible analizar en los campamentos. No obstante, en el futuro, los esfuerzos en el ámbito del agua se centrarán en el análisis de la calidad del agua abastecida y la optimización del proceso de desinfección. Además, será necesario continuar con la formación ya que, debido a las altas tasas de emigración entre los más jóvenes y preparados, se produce una alta rotación de los miembros del Departamento de Hidráulica.

Respecto a la gestión de la información generada se debe continuar trabajando en la transferencia de la tecnología al resto de las entidades y al personal del Departamento de Hidráulica. Para facilitar esta transferencia se está trabajando en el desarrollo de aplicaciones de uso sencillo que faciliten la actualización del SIG. En este momento, ISF Asturias está tutorizando un PFC de una primera aplicación para la actualización de los datos de parámetros de calidad del agua en los pozos.

Po último, en la línea de gestión de residuos el diagnóstico realizado de la situación se pondrá a disposición de las autoridades y organizaciones responsables, esperando que sirva como ayuda a futuros proyectos que serán liderados por MPDL con el apoyo de ECHO. Si será necesario incidir en la sensibilización a la población y a las autoridades de la necesidad de proteger el agua del acuífero especialmente en las zonas de captación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido financiado por la Dirección Xeral de Cooperación Exterior de la Xunta de Galicia en la convocatoria de Otros agentes de Cooperación del año 2007, que anteriormente había financiado otras fases del proyecto.



Los autores desean hacer constancia escrita de su agradecimiento a los Servicios de Apoyo a la Investigación de la UDC por haber cedido desinteresadamente sus instalaciones y tiempo para la realización de los análisis químicos de las muestras de agua. Del mismo modo agradecer el apoyo de la Oficina de Cooperación y Voluntariado y del Laboratorio de Ingeniería Cartográfica (CartoLAB) de la UDC.

Los objetivos del proyecto no podrían alcanzarse sin la colaboración de SI-Andalucía, ISF Asturias, ISF Castilla y León, ISF Aragón y MPDL. En especial queremos agradecer la labor de Angels, la expatriada de SI-Andalucía, y el gran esfuerzo de Roberto en la coordinación de la red de trabajo.

Gracias también por supuesto a todos las personas que han participado en este proyecto y en sus fases anteriores en las diferentes entidades y a los miembros del Departamento de Hidráulica. Y por último gracias a todos nuestros amigos saharauis.

## **BIBLIOGRAFIA**

Docampo E. y Molinero, J. (2006). *“Los abastecimientos en los campamentos de refugiados saharauis de Tindouf (Argelia). Un caso de explotación de acuíferos en situación de sequía extrema”*. Informe Técnico. Área de Ingeniería del Terreno. Universidade de Santiago de Compostela.

Garrido Rejo, N. (2008). *“Análisis del sistema de abastecimiento de agua de los campamentos de refugiados saharauis mediante sistemas de información geográfica (SIG)”*. Tesina de Investigación. Universidade da Coruña.