



**ESTUDIOS DEL DESARROLLO Y
COOPERACIÓN INTERNACIONAL**

EDITA: CENTRO DE COOPERACIÓN AL DESARROLLO

ADSIDEO-COOPERACIÓN
EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN PARA
EL DESARROLLO HUMANO

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ADSIDEO-COOPERACIÓN
EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN PARA
EL DESARROLLO HUMANO**

Edita

Centro de Cooperación al Desarrollo
Universitat Politècnica de València

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Colección

"Estudios del Desarrollo y Cooperación Internacional"

Apoya

Conselleria de Bienestar Social de la Generalitat Valenciana

Directora de la colección

Rosa Puchades Pla

Vicerrectora de Responsabilidad Social y Cooperación de la Universitat Politècnica de València

© 2015, Centro de Cooperación al Desarrollo, Universitat Politècnica de València

© de los textos y las imágenes: los autores

© de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València

Foto portada

Manuel Mateo Lajarín,

"Estudio de la arquitectura habitacional de tierra en el Alto Atlas septentrional. Midelt, Marruecos"

Diseño y maquetación

Enrique Mateo, Triskelion Disseny Editorial

Distribución

Telf.: 963 877 012

www.lalibreria.upv.es

Ref.: 6263_01_01_01

ISBN

978-84-9048-411-1 (versión impresa)

Licencia

Creative Commons

Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



CONTENIDO

v PRÓLOGO

vii PRESENTACIÓN

- 3 ADSIDEO-Cooperación, un programa para fomentar la investigación en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Humano
Daniel López Codina
- 11 Investigación para el Desarrollo Humano. Análisis de resultados del Programa ADSIDEO-Cooperación
María de los Llanos Gómez Torres, Álvaro Fernández-Baldor y Diego Gómez Gómez

PROYECTOS ADSIDEO-COOPERACIÓN 2010

- 25 Contribuciones del Enfoque de Capacidades para el Desarrollo Humano y Sostenible a la evaluación de proyectos en el marco de la Cooperación Internacional. Una propuesta metodológica
Alejandra Boni Aristizábal, Álvaro Fernández-Baldor, Andrés Hueso González y Claudia Bouroncle Seoane
- 39 Identificación y cuantificación de la problemática del uso de agrotóxicos para cultivos transgénicos en la Bahía del Río Uruguay (Rio Grande do Sul- Brasil)
Nicolás Laguarda Miró, Francesca Werner Ferreira, Javier Ibáñez Civera, Eduardo García Breijo, Luís Gil Sánchez, Rafael Masot Peris y Edwin Loeff
- 57 Diseño de sistemas de combustión a partir de residuos agrícolas para uso en países en vías desarrollo, optimizando la producción energética y las propiedades puzolánicas de la ceniza obtenida en la combustión para su uso en materiales de construcción no convencionales
José María Monzó Balbuena, Angel Pérez-Navarro Gómez, Jordi Payá Bernabeu, M^a Victoria Borrachero Rosado, Lourdes Soriano Martínez, David Alfonso Solar, Elisa Peñalvo López, Miguel Moliner Beato, Mercedes Bonilla Salvador, Ana Mellado Romero, Mauro Tashima, Carlos Vargas Salgado, Silvio Delvasto Arjona, Michel Ángel Ospina Gúzman, Rosana Méndez Mutschler, Daniel Alveiro Bedoya Ruiz, Javier García Marti y María del Carmen Vidal Tamarit



PROYECTOS ADSIDEO-COOPERACIÓN 2011

- 75 Propuesta de mejora en la co-gestión y gobernanza de las áreas protegidas. Aplicación al caso del desarrollo del turismo en tres áreas de Venezuela y Ecuador
Tomás Gómez Navarro, Mónica García-Melón, Jordi Peris-Blanes, Rafael Monterde-Díaz, Diego Díaz-Martín, Silvia Acuña-Dutra y Wilson Jácome Enríquez
- 97 Los pequeños agricultores en los esquemas de Comercio Justo en Guatemala: acción colectiva, gobernanza y capital social
Dionisio Ortiz Miranda, Judith Márquez Climent y Ana Moragues Faus
- 111 Estudio de la arquitectura habitacional de tierra en el Alto Atlas Septentrional. Midelt (Marruecos)
Pablo Rodríguez-Navarro y Teresa Gil Piqueras
- 131 Creación de un observatorio ambiental de la industria de Bolivia
Juan Ignacio Torregrosa López, Vanesa Lo Iacono Ferreira

PROYECTOS ADSIDEO-COOPERACIÓN 2012

- 145 Uso de coagulantes naturales para la potabilización del agua en países en vías de desarrollo
Beatriz García-Fayos, Jose Miguel Arnal Arnal y María Sancho Fernández
- 163 Diagnóstico *in-situ* de enfermedades tropicales (DISET)
Alba Hervàs-Mateu, Sergi Morais, Luis A. Tortajada-Genaro, Rosa Puchades, Magdalena García-Rodríguez, Enrique Ortega-González y Ángel Maquieira
- 175 Caracterización de puzolanas de origen volcánico de Guatemala: posibilidades de uso en materiales prefabricados para construcción y rehabilitación de viviendas sociales
Jordi Payá Bernabeu, Javier Quiñonez de la Cruz, M^a Victoria Borrachero Rosado, Lourdes Soriano Martínez, Mauro Tashima, Ingrid Lorena Benitez Pacheco, Oscar Mauricio Sierra Acuña y José María Monzó Balbuena



PRÓLOGO

ADSIDEO-Cooperación. Experiencias de investigación para el Desarrollo Humano, es un espacio que pretende recopilar, difundir y poner en valor la investigación en desarrollo humano y cooperación que se realiza en la Universitat Politècnica de València dentro del programa ADSIDEO-Cooperación, gestionado por el Centro de Cooperación al Desarrollo.

El fomento de la investigación en sostenibilidad social y cooperación en la Universitat Politècnica de València, es una realidad gracias al programa ADSIDEO-Cooperación, que pone a disposición de la comunidad científica un instrumento comprometido con el desarrollo humano y la lucha contra la pobreza.

En esta publicación, a través de la experiencia adquirida a lo largo de los años de duración del programa, se reflexiona además sobre el papel de la investigación.

La Universitat Politècnica de València espera que este trabajo contribuya a visibilizar y fortalecer el compromiso de nuestra comunidad científica en torno al crecimiento social sostenible, la lucha contra la pobreza y la desigualdad.

Desde el vicerrectorado felicitamos y valoramos el trabajo de los investigadores que han participado en el programa ADSIDEO-Cooperación, y les agradecemos su implicación y compromiso en esta temática.

Rosa Puchades Pla

*Vicerrectora de Responsabilidad Social y Cooperación
Universitat Politècnica de València*



PRESENTACIÓN

La presente publicación recoge la experiencia del programa ADSIDEO-Cooperación, una convocatoria de investigación, impulsada por el Centro de Cooperación al Desarrollo, que nace en el año 2010 con el fin de discriminar positivamente en la Universitat Politècnica de València los proyectos de I+D+i en el ámbito de los Estudios sobre el Desarrollo, la Cooperación Internacional y la aplicación de la Tecnología para el Desarrollo Humano, y favorecer la implicación de la comunidad científica en la lucha contra la pobreza y el Desarrollo Humano Sostenible.

El texto recoge, en primer lugar, las reflexiones de Daniel López Codina, profesor de la Universitat Politècnica de Catalunya vinculado desde hace tiempo con las estrategias de cooperación al desarrollo de las universidades españolas, en torno a la necesidad de fomentar la Investigación en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Humano en las universidades españolas y sobre el papel que éstas deben asumir en este campo. El texto se basa en la exposición que el profesor López Codina realizó en una jornada de presentación del programa ADSIDEO-Cooperación en el año 2013.

Por otro lado, de la mano del Centro de Cooperación al Desarrollo, se introduce brevemente el panorama actual de las políticas e instrumentos que permiten a los investigadores orientar sus proyectos hacia el desarrollo humano, reflexionando sobre qué es la investigación para el desarrollo humano y el papel que deben asumir las universidades en la promoción del desarrollo humano y sostenible y la cooperación internacional al desarrollo.

Por último, se recogen los resultados y la experiencia de diez de los proyectos de investigación financiados y desarrollados en las convocatorias 2010, 2011 y 2012 del programa.

Desde el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de la UPV esperamos que la difusión de estos trabajos sirva para comprometer a la comunidad científica en la búsqueda de soluciones para la mejora de la vida de los sectores más empobrecidos de la sociedad y la consolidación de un núcleo de investigadores, profesores y centros de investigación especializados en desarrollo y cooperación internacional.

Valencia, julio 2015

José Esteban Capilla Romá

*Vicerrector de Investigación, Innovación y Transferencia
Universitat Politècnica de València*





ADSIDEO-COOPERACIÓN, UN PROGRAMA PARA FOMENTAR LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO

Daniel López Codina

*Departament de Física i Enginyeria Nuclear. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya*

¿Por qué un programa para impulsar la investigación para el desarrollo? ¿Realmente tiene interés? ¿El desarrollo humano debe ser un tema importante en una universidad científica y tecnológica? ¿La investigación para el desarrollo aporta valor a la formación de nuestros futuros graduados? ¿La universidad debe ser un actor en el sector de la cooperación al desarrollo? Estas y muchas otras preguntas nos pueden inquietar, es necesario pensar sobre las posibles respuestas. En este libro pretendemos descubrir proyectos concretos para poder responder algunas preguntas e intentar formular nuevas cuestiones.

¿DERECHOS HUMANOS?

En 1948 las Naciones Unidas aprobaron la Declaración Universal de los Derechos Humanos. En la mayor parte de sus artículos se defienden derechos políticos y sociales. Debería sorprendernos constatar que no es hasta el artículo 25 donde se presentan derechos humanos relacionados con las necesidades biológicas más básicas de las personas, y además se presentan todos juntos, quitando así transcendencia a cada uno de ellos.

Artículo 25, punto 1:

«Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad.»

Objetivamente estos deberían ser los primeros derechos humanos: el derecho al agua potable, a la alimentación, el derecho a la asistencia médica, a un lugar donde vivir... No son los primeros artículos de la Declaración, quizá por ello siguen siendo conculcados en grandes proporciones. Aún hoy 760 millones de personas no tienen acceso al agua potable y unos 2.500 millones no disponen de letrinas. Una parte muy importante de las enfermedades que afectan a la humanidad están relacionada con los dos hechos anteriores, causando tres millones de muertes anuales. A día de hoy, 805 millones de personas están subnutridas y 2.000 millones padecen malnutrición (deficiencia de hierro, o vitamina A o yodo...). Más de 1.000 millones de personas no viven en una casa con unas mínimas condiciones de



habitabilidad. Más de 2.000 millones de personas están infectadas por el parásito de la tuberculosis, 1'5 millones mueren anualmente a causa de esta enfermedad... y podríamos seguir. Las cifras son difíciles de entender realmente. Se convierten fácilmente en números fríos y vacíos. Os proponemos un ejercicio muy simple para intentar comprender realmente el significado de los datos anteriores. Cambiemos las unidades.

La Unión Europea (UE) está constituida por 27 estados, su población es de unos 500 millones de personas. 760 millones de personas no tienen acceso al agua potable, ello equivale a 1'52 veces la población de la UE. ¿Podemos imaginar qué significa no tener acceso a agua potable? ¿Podemos imaginar que nadie en nuestro entorno, ni en Francia, ni en Alemania, ni más allá de la Unión Europea, tuviera acceso al agua potable? 4'5 Uniones Europeas sin letrinas y sin WC, 4 Uniones Europeas malnutridas, 4 Uniones Europeas infectadas por el parásito de la tuberculosis, 2 Uniones Europeas sin techo para vivir...

Si pensamos en nuestro propio entorno podemos entender mejor hasta qué punto es inaceptable que se conculquen estos derechos humanos. Es inaudito que los derechos al acceso al agua, a la alimentación, a la salud... no sean respetados, es inaudito que no nos indigne profundamente, es inaudito el olvido.

Desde los movimientos sociales, desde los partidos políticos, desde las universidades... es necesario trabajar para que los derechos biológicos más elementales sean formal y realmente los primeros derechos humanos. Es necesario trabajar conjuntamente para que las legislaciones a todos los niveles avancen para incorporarlos.

Además de cambiar legislaciones hay que trabajar -¡seguir trabajando!- para cambiar la realidad. Desde las universidades vinculadas a la ciencia y a la tecnología nuestra aportación puede ser enormemente valiosa. Debemos colaborar con los legisladores para poder definir correctamente las leyes, debemos colaborar con la sociedad y las administraciones para progresar en la mejora. Para ello necesitamos profesores e investigadores universitarios bien formados, con conocimiento de la realidad, con experiencia en investigación para el desarrollo humano. La Justicia Global es un reto.

LA UNIVERSIDAD UN TREN HACIA EL PROGRESO

Históricamente, la universidad ha sido uno de los motores del desarrollo social y debemos seguir siéndolo. Los retos hoy son diferentes de siglos anteriores, pero siguen siendo imprescindibles la reflexión, el conocimiento y la investigación para hacer mejorar nuestro mundo. Los derechos básicos como el acceso al agua potable, la alimentación, la vivienda, la salud..., deberían ser ámbitos donde el trabajo fuera intenso. No es así realmente. En nuestras universidades, tan sólo contadas iniciativas y algunos pocos grupos trabajan en esta dirección.

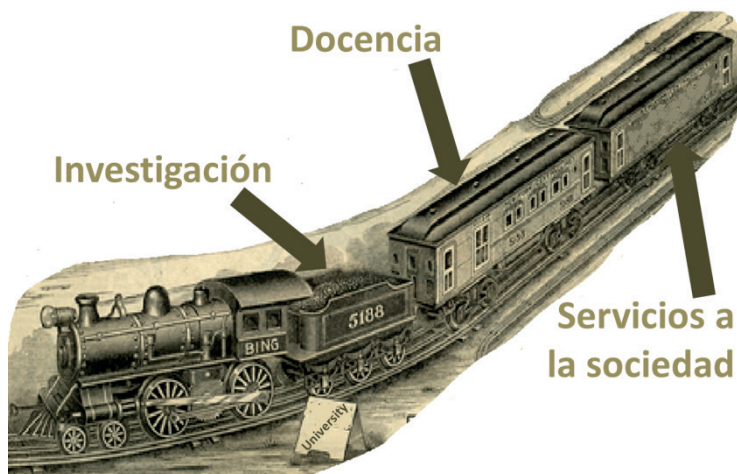
Podemos comparar la universidad con un tren de vapor. La máquina arrastra varios vagones, el primer vagón está lleno de carbón, es la energía para su funcionamiento. El vagón del carbón, es el vagón de la investigación. La investigación es la energía que mueve a la universidad, el profesorado y los investigadores inquietos por aprender, por descubrir nuevas ideas para abrir camino son la energía que mueve la institución. El segundo vagón es el vagón de pasajeros, el vagón en el que las personas suben y viajan con nosotros, y nos dejan cuando llegan a su destino. Este es el vagón de la docencia, en los primeros asientos encontramos los alumnos que acaban de entrar, en los asientos traseros los que



están haciendo los masters o comienzan el doctorado. Y finalmente, el tercer vagón es el de carga, es el vagón que ofrece servicios a la sociedad.

Si la universidad quiere ser una máquina que conduzca hacia el progreso, es imprescindible que una parte de su carbón se queme para arrastrar el conjunto hacia la ciencia y la tecnología para el desarrollo humano.

Figura 1. Tren de vapor de la universidad.



EL VAGÓN DEL CARBÓN: INVESTIGACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO

El trabajo de mujeres y hombres, desde diferentes perspectivas, ha impulsado el desarrollo. A menudo, al revisar la historia, recordamos cómo metas asociadas a hechos políticos y sociales han sido cruciales para el desarrollo, desde la organización de los imperios antiguos (Egipto, China, Roma, etc.) hasta las revoluciones por los derechos civiles que aún hoy vivimos en algunos lugares del mundo. Olvidamos fácilmente que la tecnología y la ciencia han sido esenciales en el desarrollo humano. Desde la utilización del fuego y el desarrollo de la agricultura hasta el descubrimiento de los antibióticos o el desarrollo de la informática, el progreso de la humanidad ha venido vinculado siempre a la socialización del conocimiento. Esta última idea es la clave: ¡el desarrollo humano está vinculado a la socialización del conocimiento! Es por tanto necesario crear conocimiento (ciencia y tecnología), pero es necesario que el conocimiento genere mejoras para toda la población, es imprescindible que el conocimiento no sea una herramienta de explotación de unos hacia los otros.

La ciencia y la tecnología siguen siendo hoy indispensables para seguir impulsando el desarrollo humano. Hay que trabajar para desarrollar nuevos materiales, para hacer posible viajes interplanetarios, para diseñar robots más potentes, para encontrar nuevas aplicaciones de la luz, para encontrar nuevos fármacos para vivir más años... Pero especialmente debemos trabajar para facilitar el cumplimiento de los derechos humanos



básicos. Debemos dedicar recursos económicos y humanos para mejorar la gestión del agua para todos, hay que destinar esfuerzos a mejorar la producción agrícola de pequeños productores en regiones semiáridas y tropicales, es necesario desarrollar nuevos fármacos para luchar contra las enfermedades que causan la mayor parte de morbilidad y mortalidad, como la tuberculosis, la malaria, la enfermedad de Chagas, la leishmaniosis, etc.

Lamentablemente, el trabajo en ciencia y tecnología para el desarrollo es un trabajo minoritario, un trabajo con pocos recursos, un trabajo especialmente difícil.

En estos momentos es de actualidad el elevado precio del nuevo fármaco para curar la hepatitis C, el Sofosbuvir. El fármaco ha sido desarrollado por una empresa privada y ahora, como en otras ocasiones, socialmente nos quejamos del rol de estas empresas. No discutiremos ahora esta cuestión. Pero podemos preguntarnos ¿qué investigación pública se está haciendo para encontrar nuevos fármacos? o ¿qué investigación se hace para mejorar las semillas utilizadas por pequeños productores? No basta con quejarnos del rol de las compañías privadas, es necesario que la investigación pública esté al servicio del desarrollo humano y especialmente de los derechos humanos básicos.

La investigación en ciencia y tecnología para el desarrollo debe ser una línea prioritaria. Es necesario que haya convocatorias de investigación que la promuevan, como ADSIDEO-Cooperación. Hay que crear institutos y grupos de investigación, debe haber discriminación positiva para la ciencia y la tecnología para el desarrollo. Es especialmente importante conseguir que los mejores grupos de investigación giren la mirada hacia el Sur, hacia la pobreza; es necesario que los mejores investigadores dediquen parte de su tiempo a problemas vinculados con el desarrollo humano.

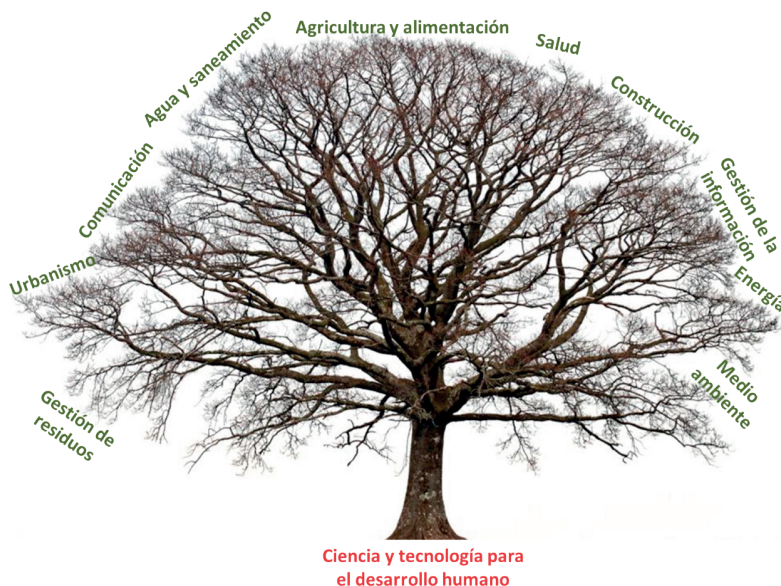
A menudo en nuestras universidades, algunos grupos que han trabajado en cooperación universitaria para el desarrollo, lamentan que su trabajo no tiene reconocimiento. Realmente el reconocimiento no debe ganarse por trabajar en un tema o en otro sino por la calidad del trabajo realizado. Es necesario que la investigación en ciencia y tecnología para el desarrollo sea de primera línea, publique en revistas JCR de primer cuartil, gane proyectos de investigación, compita con las tecnologías más innovadoras... Es necesario que los grupos que trabajen en desarrollo humano hablen de tú a tú con cualquier otro grupo de investigación. Es necesario que la sociedad y los responsables políticos entiendan la importancia del trabajo en ciencia y tecnología para el desarrollo humano, ¡para ello es imprescindible mostrárselo con claridad!

A menudo los criterios para financiar la investigación son especialmente los del progreso económico de los países más poderosos, ¡hay que cambiar estos criterios o, como mínimo, ampliarlos!

Algunas personas pueden pensar que la cooperación para el desarrollo es una actividad vinculada a la sociología, a la economía, a la política, a la pedagogía... Realmente así es, pero también debe ser una actividad vinculada a la resolución de problemas tecnológicos que afectan a las personas. Por ello la cooperación para el desarrollo está fuertemente vinculada con la mayoría de los ámbitos del conocimiento científico y tecnológico: agua y saneamiento, agricultura y alimentación, comunicación, construcción, energía, gestión de la información, gestión de residuos, medio ambiente, salud, urbanismo, etc.



Figura 2. Aplicaciones de la ciencia y tecnología en cooperación al desarrollo.



Es importante el trabajo de investigación en los ámbitos sociales y económicos, así mismo lo es también en los ámbitos científicos y tecnológicos. Debe precisarse que el desarrollo humano es un proceso holístico, es imprescindible que los especialistas en los ámbitos sociales y económicos y los científicos y tecnológicos trabajen en colaboración. En ciencia y tecnología nadie discute la necesidad del trabajo interdisciplinario, si pensamos en desarrollo humano el trabajo interdisciplinario debe incluir los aspectos sociales y económicos.

Construyendo puentes

Entre el Sur y el Norte hay una enorme brecha que nos separa. Las diferencias económicas, en recursos para educación o para salud pública, entre otras muchas cosas, son enormes y han aumentado progresivamente a lo largo de los años. Trabajar por un mundo más justo necesariamente requiere trabajar para reducir esta distancia. En el ámbito de la investigación en ciencia y tecnología la distancia entre las dos orillas es verdaderamente grande.

Si queremos trabajar en ciencia y tecnología para el desarrollo humano, una de las metas a alcanzar es hacerlo acompañados de grupos del Sur, apoyando a sus sistemas universitarios y de investigación. Normalmente cuando buscamos socios para las actividades de investigación los buscamos en Europa, en Estados Unidos o en países con un nivel alto de investigación. En las universidades y centros de investigación de los países receptores de ayuda al desarrollo encontraremos personas con una preparación y capacidad de trabajo excelentes, a menudo con conocimientos mejores que los nuestros. Buscar colaboradores en universidades y centros de investigación de los países afectados por los problemas en



los que trabajamos no es tan solo importante, es verdaderamente estratégico. Así mismo es de interés participar en sus congresos y publicar en sus revistas.

EL VAGÓN DE VIAJEROS: LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO

La presencia de grupos de investigación que trabajen para el desarrollo humano no es sólo imprescindible para la investigación, lo es también para la docencia. Los profesores e investigadores que trabajan en problemas vinculados a la vida de las personas acaban también transformado su manera de ver el mundo, es un tipo de trabajo que les acerca a la realidad.

El profesorado universitario cuando está en el aula, queramos o no queramos, además de transmitir conocimiento, también transmite valores humanos. El profesorado de la universidad, igual que los de educación secundaria y primaria, debe ser también educador. Quino en una de sus viñetas afirma: «Educar es más difícil que enseñar, porque para enseñar Ud. precisa saber pero para educar se precisa ser.»

El profesorado preocupado y comprometido verdadera y profesionalmente con la situación de nuestro mundo transmite este compromiso a sus estudiantes.

La educación en valores humanos es especialmente importante, los estudiantes de hoy serán los dirigentes de empresas o de administraciones públicas en un futuro muy próximo.

En las primeras filas del vagón de la docencia viajan los estudiantes de los primeros cursos, en los grados de ciencia y tecnología tienen asignaturas básicas como las matemáticas, la física, la química, etc. Si el profesorado de estas asignaturas está implicado en investigación para el desarrollo encontrará ejemplos para utilizar la tarima como un medio para transmitir valores. Por ejemplo, podemos enseñar ecuaciones diferenciales simplemente utilizando expresiones matemáticas pero también podemos hacerlo a partir de casos reales como los modelos en epidemiología que nos permiten mostrar la realidad de enfermedades como la malaria, la tuberculosis o el Ébola.

Unas filas más atrás viajan los estudiantes de los últimos cursos de los grados y los estudiantes de máster. Cursan asignaturas muy vinculadas a campos específicos de conocimiento, en estas asignaturas el profesorado puede plantear el temario solo pensando en la ciencia y tecnología de los países más poderosos o puede hacerlo con una visión más global. Por ejemplo, en agricultura podemos centrar nuestro campo de atención en los productos de la agricultura europea y norteamericana, pero también podemos tener presente la agricultura de zonas semiáridas y de zonas tropicales. Los estudiantes de los últimos cursos de grado y los estudiantes de máster tienen ya cierto bagaje y pueden enfrentarse a problemas reales. Estos estudiantes pueden realizar sus estancias de prácticas y sus trabajos finales de grado afrontando problemas reales de comunidades del Sur. Para ello son imprescindibles dos hechos: la existencia de profesorado que tenga un elevado grado de conocimiento de los problemas a estudiar (normalmente el profesorado que realiza investigación en el ámbito en concreto) y la colaboración de agentes externos que trabajan con las comunidades afectadas por el problema a resolver, agentes externos que pueden ser administraciones públicas y ONG.



EL VAGÓN DE MERCANCÍAS: SERVICIOS A LA SOCIEDAD

El tercer vagón es el de los servicios a la sociedad, el vagón de transporte de mercancías. La universidad debe poner sus conocimientos al servicio de la sociedad, la clave del progreso es la socialización del conocimiento. En particular, es necesario que la universidad ayude al tejido productivo, a las empresas, a mejorar, a ser competitivas, a crear nuevos puestos de trabajo. Pero debe también colaborar con el sector que trabaja en desarrollo humano. Es necesario que la universidad tenga voluntad de colaborar con las organizaciones sociales desde las ONG hasta los organismos internacionales. Recíprocamente, es necesario que las organizaciones hagan un esfuerzo por facilitar esta colaboración. Es necesario que entidades como ONG y organizaciones gubernamentales promuevan la participación de la universidad en su trabajo, con recursos económicos y facilitando para la participación de grupos de investigación y estudiantes.

La investigación en ciencia y tecnología para el desarrollo, en muchos ámbitos de conocimiento, requiere trabajar sobre el terreno (agua, agricultura, salud pública, energía, etc.). Es necesario que las organizaciones sociales faciliten este trabajo, es necesario que compartan con los grupos de investigación el interés por crear conocimiento, es necesario que entre sus objetivos también haya espacio para resultados a medio y largo plazo. Así mismo, las ONG y los organismos gubernamentales deben compartir con las universidades el interés por la formación de los estudiantes facilitando su participación en proyectos y programas. ¡Es necesario que la sociedad ayude a construir las vías de tren por donde debe avanzar la universidad!

CONCLUSIONES

Es inaudito que centenares de millones de personas no vean satisfechas sus necesidades básicas más elementales. Es inaudito que los derechos al acceso al agua, a la alimentación, a la salud... no sean respetados, es inaudito que no nos indigne profundamente, es inaudito el olvido.

Es necesario trabajar para que los derechos biológicos más elementales sean formal y realmente los primeros derechos humanos.

Desde la Universidad, como institución pública, debemos trabajar para cambiar la realidad, por ello la investigación en ciencia y tecnología para el desarrollo humano, y la socialización de sus resultados es imprescindible para hacer avanzar la humanidad.

La investigación debe ayudar a:

- a). Legisladores para avanzar en el desarrollo de los derechos humanos básicos.
- b). La sociedad y a sus dirigentes ofreciéndoles opciones que permitan escoger caminos para el progreso, opciones que permitan la existencia de soberanía (soberanía alimentaria, soberanía energética, soberanía en el uso de los recursos naturales, etc.).
- c). La sociedad y a sus dirigentes a implementar las acciones escogidas.

En la siguiente ilustración mostramos la ciencia y la tecnología para el desarrollo humano como una barra que transmite movimiento a las acciones a realizar en el caso particular de la alimentación.

Figura 3. Ciencia y Desarrollo humano



La investigación en ciencia y tecnología para el desarrollo humano en la universidad no debe ser una actividad realizada desde una burbuja aislada, debe ser un trabajo cercano a la realidad, debe incluir en el análisis de los problemas aspectos sociales y económicos.

La existencia de grupos de investigación implicados socialmente además es necesaria para que en la universidad además de transmitir conocimientos se transmitan también valores humanos.

Por todo ello, la investigación en ciencia y tecnología para el desarrollo debe ser una línea prioritaria. Es necesario que haya convocatorias de investigación que la promuevan, como ADSIDEO-Cooperación. Debemos felicitar al Centro de Cooperación para el Desarrollo de la Universitat Politècnica de València por su iniciativa, y por la calidad de los proyectos realizados. Debemos reclamar a la UPV, y a las administraciones responsables de la investigación, no tan solo mantener iniciativas como ASIDEO sino incluir la investigación para el desarrollo humano en las convocatorias para financiar proyectos y programas de investigación a todos los niveles.

Agradecimientos

Al CCD de la UPV por el privilegio que significa poder participar en este volumen, ¡muchas gracias!



INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO HUMANO. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PROGRAMA ADSIDEO-COOPERACIÓN

María de los Llanos Gómez Torres, Álvaro Fernández-Baldor y Diego Gómez Gómez

Centro de Cooperación al Desarrollo, Universitat Politècnica de València

INTRODUCCIÓN

ADSIDEO–Cooperación es un programa que nace en el año 2010 con el fin orientar, hacia el desarrollo humano, parte de la investigación que se lleva a cabo en la UPV. Para ello ADSIDEO discrimina positivamente proyectos de I+D+i en el ámbito de los Estudios sobre el Desarrollo, la Cooperación Internacional y la aplicación de la Tecnología para el Desarrollo Humano.

En este capítulo se muestran los resultados de las tres primeras ediciones del programa ADSIDEO a través de los análisis de las personas responsables de las investigaciones y del trabajo de evaluación y seguimiento llevado a cabo por el Centro de Cooperación al Desarrollo.

Para poder contextualizar el programa se introducen algunas reflexiones sobre lo que se entiende por investigación orientada al desarrollo humano, base teórica de la definición del programa, y se hace un recorrido por el panorama actual de algunas políticas e instrumentos que permiten a los investigadores orientar sus proyectos hacia ese modelo de desarrollo.

INVESTIGACIÓN ORIENTADA AL DESARROLLO HUMANO

El papel de la ciencia y la tecnología en los ámbitos del desarrollo y la cooperación internacional ha ganado en cuanto a visibilidad y reconocimiento de su importancia desde inicios del nuevo siglo. Prueba de ello son los dos informes anuales de instituciones internacionales que destacan el papel de la investigación a la hora de analizar el desarrollo del planeta. Por un lado, el Informe de Desarrollo Humano de 2001 del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) *Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano* y, por otro, el Informe de 2004 del Banco Mundial dedicado a los *Servicios para los pobres*. Así mismo, el informe de la UNESCO *Ingeniería para un mundo mejor* (2003) y el del InterAcademy Council (2004) *Inventar un futuro mejor*, apuntan en direcciones parecidas. De manera análoga, el trabajo del equipo de Ciencia, Tecnología e Innovación del proyecto Millenium de la ONU *Innovación: aplicar el conocimiento al desarrollo* (2005) analiza cómo la ciencia, la tecnología, y la ingeniería pueden contribuir a conseguir los Objetivos de Desarrollo del Milenio.



Más recientemente, la *UK Collaborative on Development Sciences* (UKCDS) desarrolló el informe *Science and Innovation for Development* (2010), donde se aboga por nuevas formas de crear y difundir el conocimiento y la tecnología que incluyan la voz de los más pobres, considerando nuevas formas de partenariado con universidades, institutos y centros de investigación de países del Sur. En esta línea se sitúa un informe de la *American Society of Mechanical Engineers*, titulado *Engineering Solutions for the Base of the Pyramid* (2009). En el informe se presentan los mercados de los países empobrecidos como una oportunidad para las empresas de crear nuevas tecnologías adaptadas a las necesidades locales.

Sin embargo, trasladar los beneficios de la ciencia y la innovación a la sociedad no es tarea sencilla. La investigación orientada al desarrollo humano requiere que los beneficios de las investigaciones repercutan en las personas menos favorecidas y, por tanto, debe situar al ser humano en el centro de las intervenciones.

Los estudios del economista Amartya Sen (y de investigadores como Nussbaum, Steward, Ul Haq, Drèze, Max-Neef, Alkire, Robeyns, etc.) y el trabajo desarrollado en el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) han permitido una mayor difusión del concepto de desarrollo centrado en las personas: el Desarrollo Humano. Frente a las concepciones utilitaristas del desarrollo, esta visión sitúa el foco de las intervenciones en el ser humano, y entiende el desarrollo como un proceso de ampliación de las oportunidades de las personas (Sen, 1999).

Según esta óptica (ver por ej. PNUD 2001), los avances tecnológicos de los últimos tiempos, como las tecnologías de la información, la biomedicina o la genética, configuran oportunidades excepcionales para erradicar la pobreza, pues permiten mejorar la salud y la nutrición, ampliar los conocimientos, fomentar el crecimiento económico y capacitar a las personas para participar en la vida de sus comunidades.

Así pues, la investigación tiene un efecto doble en el desarrollo humano. Por un lado, de manera directa, porque a mayor avance científico y tecnológico más adelantos se producen en la medicina, las comunicaciones, la energía, etc., lo que redundará en el desarrollo humano (por ejemplo, vivir una vida más larga o disfrutar de un nivel de vida decoroso). Y por otro, afecta indirectamente, ya que el cambio tecnológico produce aumentos productivos que se traducen en crecimiento económico, lo que a su vez permite que haya más recursos para educación, salud, comunicaciones, etc., que terminan favoreciendo el desarrollo humano.

Sin embargo, según el paradigma del desarrollo humano, no puede haber expansión de oportunidades en las personas si los procesos de desarrollo no se basan en una serie de principios clave. Ul Haq (1995) agrupa estos principios de desarrollo humano de la siguiente manera: a) equidad y diversidad: si desarrollo significa ampliar las opciones de las personas, éstas deben disfrutar de un acceso equitativo a las oportunidades, reconociendo la diversidad de las mismas. Desarrollo sin equidad significa restringir las opciones de los individuos en una sociedad; b) sostenibilidad: las próximas generaciones merecen disfrutar de las mismas oportunidades que las generaciones presentes. Este principio no se refiere solo al aspecto ambiental, sino a la sostenibilidad de las opciones humanas: físicas, sociales, financieras y ambientales; c) productividad: facilitar un entorno para que las personas sean productivas y puedan asegurarse un medio de vida sostenible; y d) participación y empoderamiento: las personas son concebidas como sujetos y objetos del desarrollo, capaces de realizar elecciones bajo su propia voluntad. Las personas son agentes de cambio y deben poder influir en las decisiones que afectan a sus vidas.



Según este enfoque, una investigación orientada al desarrollo debería promover ampliar las capacidades y oportunidades humanas a la vez que el proceso debería respetar los principios de desarrollo humano.

PANORAMA ACTUAL: INSTRUMENTOS PARA ORIENTAR LA INVESTIGACIÓN HACIA EL DESARROLLO

Pese a que la Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en su Capítulo III dedica un artículo a la Cooperación al Desarrollo, los estudios en desarrollo y cooperación internacional no han sido lo suficientemente reconocidos y no se disponen de instrumentos para poner en marcha este tipo de investigaciones.

El Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación para el período 2013-2016 no recoge referencia alguna a líneas de investigación concretas en esta línea de trabajo lo que certifica el desinterés de las instancias gubernamentales estatales del campo científico por vincular investigadores del estado español a la lucha contra la pobreza y la desigualdad.

El IV Plan Director de la Cooperación Española 2013-2016 dedica un apartado (III.7.4) a la investigación para el desarrollo y a los estudios sobre desarrollo. En el mismo se hace referencia a la importancia de tres ejes fundamentales para la promoción de la investigación: disponer de personal formado y con trayectoria investigadora, recursos financieros, y procedimientos de evaluación de la investigación y atribución de méritos. También se compromete a elaborar el Plan de Investigación para el Desarrollo y Estudios sobre el Desarrollo, la Estrategia de Ciencia, Tecnología e Innovación, y a realizar los estudios necesarios para la inclusión o no del área de Estudios del Desarrollo dentro del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación. Sin embargo, a pesar de que se abren nuevos espacios para la investigación en el ámbito del desarrollo y la cooperación, al igual que ocurrió con las propuestas del Plan anterior, los recortes presupuestarios en el campo de la investigación y la cooperación internacional comprometen la financiación de estas acciones.

Existen algunos instrumentos estatales que favorecen específicamente la investigación orientada al desarrollo como los programas de becas MAEC-AECID de cooperación para el desarrollo, que incluye un programa específico para proyectos de investigación relacionados con cooperación al desarrollo, o los programas de la Fundación Carolina. También existe alguna línea de financiación específica para proyectos como la convocatoria de subvenciones del MAEC-AECID a acciones de cooperación al desarrollo para la realización de proyectos de innovación para el desarrollo. Esta convocatoria es la única que actualmente a nivel estatal discrimina positivamente proyectos de innovación para el desarrollo. Representa una línea de trabajo en investigación e innovación más allá de las tradicionales becas de postgrado y doctorado y que merece la pena destacar *a priori*. Aunque también pueden participar entidades del sector privado empresarial y del sector social, es una convocatoria ideal para fomentar la investigación y la innovación en este campo en las universidades y centros de investigación.

En el ámbito autonómico existen convocatorias vinculadas a las políticas de cooperación al desarrollo que, en un primer momento, parecían un intento por potenciar la investigación en las universidades. Sin embargo, estas convocatorias no han tenido la repercusión que se esperaba en el ámbito de la investigación. En su mayoría son convocatorias abiertas



que incluyen temas de investigación y formación, siendo muchas de ellas utilizadas para la financiación de másters, cursos y jornadas, o para el fortalecimiento de las estructuras de fomento de la cooperación en las universidades. También están abiertas a proyectos de cooperación que, aunque incorporando temas de investigación, no dejan de ser proyectos de cooperación a corto plazo que no propician la investigación en desarrollo.

También existen otras iniciativas a nivel estatal, no impulsadas por el Gobierno, sino promovidas directamente por investigadores comprometidos con orientar sus proyectos de I+D+i hacia el desarrollo. Es el caso de REEDES (Red Española de Estudios sobre el Desarrollo), una red académica especializada en la investigación para el desarrollo que, actualmente, organiza congresos, edita una revista especializada y organiza grupos de trabajo sobre temáticas relevantes para el desarrollo.

Por último, destacar que algunas universidades españolas incorporan en sus políticas líneas específicas para favorecer la investigación en desarrollo. Existen ejemplos de universidades que lanzan premios a tesis doctorales, o convocatorias propias que permiten a sus investigadores realizar trabajos en temáticas relacionadas con el desarrollo y la cooperación internacional.

Sin embargo, desde la experiencia de la UPV, pensábamos que las universidades necesitaban un mayor apoyo para consolidar equipos de investigación y favorecer procesos de generación, apropiación y utilización del conocimiento científico y tecnológico por parte de las sociedades más necesitadas de este conocimiento. Por este motivo y con el objetivo de fortalecer a los grupos de investigación y orientar sus trabajos hacia el desarrollo y la cooperación internacional, se crea el programa ADSIDEO-Cooperación en el año 2010. En el siguiente apartado analizaremos los antecedentes del programa y los resultados de las tres primeras convocatorias.

PROGRAMA ADSIDEO-COOPERACIÓN

El Centro de Cooperación al Desarrollo (CCD) es la estructura de la UPV encargada de llevar a la práctica las estrategias de cooperación universitaria al desarrollo. Desde su creación en el año 2000, ha potenciado la participación de la comunidad universitaria en acciones y proyectos de cooperación al desarrollo. Tras los primeros años donde la sensibilización de la comunidad universitaria fue el eje fundamental de su trabajo, inicia un proceso en el que se ponen en marcha distintos programas con el fin de evidenciar el compromiso de la UPV con las políticas de cooperación.

En este marco, en el año 2010, se crea una convocatoria de investigación que orienta los proyectos de I+D+i que se lleven a cabo en la UPV hacia el desarrollo humano, la cooperación internacional y la lucha contra la pobreza: el programa ADSIDEO-Cooperación. La finalidad del programa es facilitar y fomentar el desarrollo de proyectos de I+D+i en el ámbito de los Estudios sobre el Desarrollo, la Cooperación Internacional y la aplicación de la Tecnología para el Desarrollo Humano a través de apoyo financiero. El CCD plantea el programa como un compromiso firme de la UPV con los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas y la lucha contra la pobreza. El programa se enmarca dentro de uno de los objetivos globales de trabajo del CCD, incrementar la capacidad investigadora de la UPV en desarrollo humano y cooperación internacional.

El programa ADSIDEO-Cooperación facilita dirigir las capacidades del personal docente e investigador al análisis, investigación y transferencia de tecnología aplicadas al desarrollo y



cooperación internacional. El objetivo planteado es doble: por un lado, apoyar el compromiso de la comunidad científica con la erradicación de la pobreza y, por otro, potenciar que nuestros científicos se sitúen en el panorama internacional de los estudios en desarrollo. De este modo se busca suplir una carencia del sistema universitario español en su conjunto y desarrollar con ello ventajas comparativas en la comunidad científica en el futuro. ADSIDEO está orientado a incrementar la masa crítica de investigadores involucrados en los estudios sobre el desarrollo y la cooperación, de forma que la UPV contribuya en mayor medida a la generación de conocimientos específicos de I+D+i en desarrollo y lucha contra la pobreza. Además, con esta discriminación positiva frente a otros programas de investigación se pretende reforzar las capacidades de investigación para el desarrollo e impulsar la especialización del personal investigador en aquellos campos de la ciencia y tecnología que más repercusión pueden tener para el desarrollo (especialmente los relacionados con las prioridades temáticas de la cooperación española). En definitiva, la UPV persigue la consolidación de un núcleo de investigadores, profesores y centros de investigación especializados en desarrollo y cooperación internacional.

Desde su creación en el 2010 se han realizado seis convocatorias, en las que los proyectos financiados tienen dos años de duración.

A continuación se recogen los resultados y análisis de las tres primeras ediciones, 2010, 2011 y 2012. El análisis se realiza desde dos ópticas: por un lado, a partir de los resultados científico-técnicos alcanzados por las investigaciones y, por otro, en términos de desarrollo humano.

Los datos se han obtenido a partir de la documentación final entregada por los investigadores responsables de cada proyecto (informes finales, copias de las publicaciones, etc.), así como de las jornadas y talleres de presentación de resultados organizados para estos fines por el CCD.

Se han tenido en cuenta los resultados científicos en base a: número de investigadores participantes; tesis doctorales defendidas y en proceso; tesinas de máster; proyectos fin de carrera; artículos publicados y en revisión en revistas científicas; artículos en congresos y capítulos de libros.

Los resultados en términos de desarrollo humano se han agrupado teniendo en cuenta los principios de desarrollo humano comentados anteriormente: a) participación: explicación de quién realiza la investigación, y si han participado universidades del Sur, ONGD o gobiernos locales, teniendo en cuenta su grado de participación en la selección del tema y las actividades, la ejecución, y la evaluación de los resultados; b) empoderamiento: forma en que se ha capacitado a las entidades socias de países del Sur en la investigación y grado en que la UPV ha aprendido de sus socios; c) sostenibilidad: forma en que la investigación asegura su utilidad tras la finalización del proyecto; d) transferencia de tecnología/conocimiento: manera en que los resultados de la investigación benefician a las entidades/países socias y e) responsabilidad investigadora: explicación sobre si los resultados son aceptados y entendidos por las entidades socias, beneficiarios directos de la investigación, o si se han utilizado materiales/soportes comunicativos que no sean estrictamente científicos.

Más allá del propio informe y del análisis final sobre el grado de cumplimiento del proyecto desarrollado, en las jornadas y talleres, los investigadores y participantes de los proyectos, deben enviar previamente un documento en el que analizan los impactos



de sus investigaciones en los términos de desarrollo humano descritos anteriormente (participación, empoderamiento, responsabilidad investigadora, etc.).

Los talleres y las jornadas comparten cuatro objetivos principales: 1) generar un espacio de encuentro entre investigadores vinculados al desarrollo y la cooperación internacional; 2) dar a conocer entre la comunidad académica qué tipo de proyectos se están implementando; 3) profundizar en lo que significa la generación y transmisión de conocimiento y tecnología. Por último, 4) mejorar las prácticas que se llevan a cabo en este ámbito en la UPV. Para el CCD estos espacios son muy importantes ya que con ellos se refuerzan las capacidades de investigación para el desarrollo en la UPV.

En la primera convocatoria, de 2010, se presentaron 22 proyectos, mientras que en 2011 y 2012 fueron 20 solicitudes cada año, en 2013 el total de candidaturas ascendió a 23 y en 2014 a 20. La cifra aproximada de solicitudes se mantiene prácticamente constante. Sin embargo, es de destacar que cada año se presentan nuevos grupos de investigación. Esto cobra especial relevancia si se considera que la UPV es una universidad de marcado carácter tecnológico.

Los proyectos financiados en las tres primeras convocatorias realizadas se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Proyectos financiados bajo el Programa ADSIDEO-Cooperación.

TÍTULO DEL PROYECTO	Año	Cantidad (€)
Contribuciones del enfoque de capacidades para el Desarrollo Humano y sostenible a la evaluación de proyectos en el marco de la cooperación internacional. Una propuesta metodológica	2010	14.000
Diseño de sistemas de combustión a partir de residuos agrícolas para el uso en países en desarrollo, optimizando la producción energética y las propiedades puzolánicas de la ceniza obtenida en la combustión para su uso en materiales de construcción no convencionales	2010	14.000
Identificación y cuantificación de la problemática del uso de agrotóxicos para cultivos transgénicos en la Bahía de río Uruguay (Río Grande Do Sul – Brasil)	2010	14.000
Depuración de aguas contaminadas con plaguicidas empleados en cultivos de caña de azúcar en Colombia	2010	14.000
Adaptación de procesos de secado para favorecer la comercialización de super frutas de origen colombiano	2010	14.000
Propuesta de mejora en la co-gestión y gobernanza de las áreas protegidas. Aplicación al caso del desarrollo del turismo en tres áreas de Venezuela y Perú	2011	14.000
Los pequeños agricultores en los esquemas de comercio justo en Latinoamérica: acción colectiva, gobernanza y capital social	2011	14.000
Desarrollo de un Prototipo de Observatorio Ambiental de la Industria de Bolivia	2011	14.000
Diseño y aplicación de recubrimientos biodegradables para el control de podredumbres en piña y papaya de Ecuador	2011	11.250



TÍTULO DEL PROYECTO	Año	Cantidad (€)
Estudio de la arquitectura habitacional de tierra en el Alto Atlas septentrional. Midelt (Marruecos). Categorización, sostenibilidad y puesta en valor del patrimonio arquitectónico para contribuir a la descentralización y al desarrollo sostenible	2011	11.250
Caracterización de puzolanas de origen volcánico de Guatemala: posibilidades de uso de materiales prefabricados para construcción y rehabilitación de viviendas sociales	2012	11.250
Estudio de la aplicación de coagulantes y floculantes naturales para la potabilización de agua en países en vías de desarrollo	2012	11.250
Diagnóstico <i>in situ</i> de enfermedades tropicales (DISET)	2012	11.250
Contribución a la mejora del estado nutricional en poblaciones infantiles rurales del Departamento de Chocó a partir de materias primas de uso tradicional	2012	11.250

Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos del CCD.

La convocatoria de 2010 apoyó 5 proyectos de investigación por un monto total de 70.000 euros, que involucraron directamente a más de 40 investigadores de la UPV y de las entidades socias en Latinoamérica y África. En la convocatoria de 2011 se financiaron 5 proyectos nuevos por un importe total de 64.500 euros, participando igualmente un número similar de investigadores de la UPV y de las entidades colaboradoras. Por último, en el año 2012 se invirtieron 45.000 euros en 4 proyectos.

Tabla 2. Producción científica de los proyectos seleccionados en la convocatoria ADSIDE0-Cooperación 2010.

Área temática del proyecto	Nº investigadores	Tesis defendidas	Tesis en proceso	Nº tesinas Máster	Nº de PFC	Artículos publicados en revistas	Artículos en revisión	Artículos en congresos	Capítulos de libros
Desarrollo humano	7	2	1	1	0	5	0	5	2
Materiales constructivos	11	0	1	1	2	3	0	2	0
Agrotóxicos	7	1	0	0	5	3	0	2	0
Tratamiento de aguas	9	0	1	1	0	1	0	3	2
Tecnología de alimentos	8	0	0	1	0	2	1	3	0
TOTAL	42	3	3	4	7	14	1	15	4

Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos del CCD.

La tabla 2 recoge la producción científica de los 5 proyectos aprobados en la primera convocatoria. Fruto de la primera convocatoria se han desarrollado o se encuentran en fase final un total de 5 tesis doctorales, así como más de 30 publicaciones científicas entre revistas, libros y congresos.



Tabla 3. Producción científica de los proyectos seleccionados en la convocatoria ADSIDEO-Cooperación 2011.

Área temática del proyecto	Nº investigadores	Tesis defendidas	Tesis en proceso	Nº tesinas Máster	Nº de PFC	Artículos publicados en revistas	Artículos en revisión	Artículos en congresos	Capítulos de libros
Gobernanza	4	2	1	0	1	1	1	3	0
Comercio justo	4	0	1	0	0	1	0	2	1
Medio ambiente	2	0	0	0	0	0	1	1	0
Tecnología de alimentos	6	1	0	0	2	1	3	3	0
Patrimonio	4	1	0	0	1	1	0	4	3
TOTAL	20	4	2	0	4	4	5	13	4

Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos del CCD.

La tabla 3 recoge la producción científica de los 5 proyectos aprobados en la segunda convocatoria. Es de destacar que se encuentran en fase de desarrollo un total de 5 tesis doctorales y numerosas publicaciones científicas entre revistas, libros y congresos.

Tabla 4. Producción científica de los proyectos seleccionados en la convocatoria ADSIDEO-Cooperación 2012.

Área temática del proyecto	Nº investigadores	Tesis defendidas	Tesis en proceso	Nº tesinas Máster	Nº de PFC	Artículos publicados en revistas	Artículos en revisión	Artículos en congresos	Capítulos de libros
Construcción	7	0	0	1	0	1	0	1	0
Potabilización	3	0	0	0	3	0	1	3	0
TICs para la salud	8	0	0	0	2	0	0	5	0
Tecnología de alimentos	13	0	0	3	1	1	1	2	1
TOTAL	31	0	0	4	6	2	2	11	1

La tabla 4 recoge la producción científica vinculada a la convocatoria de 2012. Como es lógico, los proyectos acaban de terminar y aún es pronto para recoger todos sus frutos en términos científicos. Es de destacar la realización de 4 tesinas de master y 6 proyectos fin de carrera.



Los datos totales, que han sido verificados por los investigadores responsables de cada proyecto, resaltan la contribución del programa en fortalecer la investigación en temas de interés para el desarrollo y la cooperación internacional.

En lo que se refiere a los resultados en términos de desarrollo humano, los datos extraídos de los informes finales presentados y de las jornadas y talleres realizados, reflejan la siguiente tendencia:

- Participación: la iniciativa de los proyectos surge en la mayoría de los casos del investigador principal UPV. Los proyectos cuentan, en general, con más participación de universidades de países del Sur como entidades socias. Solo en contadas ocasiones existen otros socios como ONGD u organizaciones locales. Además, la realización de las actividades de los proyectos recae principalmente en los investigadores UPV. Las decisiones importantes suelen tomarse también desde la UPV, buscando simplemente el consenso con los socios. En pocas ocasiones la población local o las asociaciones locales participan activamente.
- Empoderamiento: derivado del punto anterior se deduce que las actividades dirigidas a empoderar a la población local son escasas. En cambio, se observa que van dirigidas a capacitar y dotar al personal y equipos de las universidades socias. De las investigaciones, en la relacionada con patrimonio se destaca que al poner en valor su cultura se aumenta la autoestima de la población local; en otra relacionada con el comercio justo se trabaja específicamente el empoderamiento, afirmando que el conocimiento lo generan los pequeños productores y que el flujo es del productor hacia el investigador.
- Sostenibilidad: normalmente es el profesor responsable quien inicia a título personal la investigación. Sin embargo, en la mayor parte de los casos han conseguido involucrar a compañeros del grupo de investigación, asegurando que no se trata de acciones aisladas, sino que se integran dentro de las actividades propias del equipo investigador. Las acciones llevadas a cabo tienen sostenibilidad al hacer copartícipes a las entidades socias, generalmente universidades del Sur e insertar éstas los proyectos en sus líneas de investigación. Una debilidad encontrada es que en ningún caso los Estados ni municipalidades de los países socios están involucrados en los proyectos. Es habitual, sin embargo, que estén informados de las actividades realizadas.
- Transferencia tecnológica y de conocimiento: los proyectos llevados a cabo se podrían considerar principalmente de colaboración interuniversitaria, pues se dedican a fortalecer las estructuras análogas de universidades de países del Sur. Muchos investigadores reconocieron durante el taller y las jornadas las dificultades que tienen para alcanzar los objetivos del proyecto en términos de reducción de pobreza y desigualdades. Sin embargo, a nivel académico, los trabajos aportan nuevos elementos al debate.
- Responsabilidad investigadora: en la mayoría de los casos, los investigadores tienen una doble motivación: por un lado, el interés científico en el tema de investigación, y por otro lado, un interés personal relacionado con el compromiso ético. La información de los proyectos se comparte principalmente con la comunidad científica y, en algunos casos, se rinde cuentas ante los socios. En muy pocos proyectos se comparte la información y se involucra a la población local. Los investigadores destacan que el medio habitual son las publicaciones científicas (revistas, congresos, etc.). Solo tres proyectos incluyen otra difusión como redes sociales, blogs o publicaciones traducidas a idiomas locales.



De la producción científica analizada se deduce un alto rendimiento en relación al monto invertido. A pesar de la relativamente escasa dotación (2 años de duración, entre 14.000 y 11.250 euros/proyecto) la repercusión en términos científicos de los 14 proyectos financiados en las convocatorias 2010, 2011 y 2012 es muy elevada: 12 tesis doctorales defendidas o en proceso; y unos 28 artículos en revistas científicas, son buenos ejemplos del avance en este sentido.

Desde el CCD se trabaja con el profesorado para que, además de publicar sus trabajos en los cauces habituales dentro de sus ámbitos científicos, se animen a publicar las investigaciones en revistas y congresos relacionados con el desarrollo y la cooperación internacional. En este sentido, en los cursos, jornadas y talleres organizados con el profesorado (más allá del Programa ADSIDEO-Cooperación), se les informa y facilita un listado de revistas y congresos en estos ámbitos.

Los resultados obtenidos ponen en evidencia que los mayores retos se encuentran precisamente en conseguir que las investigaciones tengan un impacto tangible en términos de desarrollo humano.

A partir de las conclusiones del taller y las jornadas realizadas, se puede destacar que el personal docente e investigador está interesado en combinar sus áreas propias de investigación con otras relacionadas con temas de desarrollo y cooperación internacional, siendo programas como ADSIDEO-Cooperación los que hacen posible que se materialicen en proyectos concretos. En cambio, cabe subrayar que los proyectos de investigación deben "aterrizarse" un poco más si quieren tener impactos significativos en la población, y no una simple contribución científica. Aspectos como implicar a entidades sociales locales, población, estados y administraciones locales, son fundamentales para contribuir en este sentido. Se observa que, en escasas ocasiones, la población o asociaciones locales participan activamente en las investigaciones y que, en muy pocos casos, esta población termina beneficiándose de los resultados de los proyectos.

Por último, para que los resultados de las investigaciones se difundan en sectores no científicos, se deberían utilizar otros cauces (como blogs, panfletos, material audiovisual, etc.) e involucrar en mayor medida a los socios locales.

CONCLUSIONES

El planteamiento de una convocatoria específica de ayudas a I+D+i en este campo, lanzada y financiada por la UPV, recoge con precisión y discriminación positiva las especificidades de la cooperación al desarrollo y sigue las líneas marcadas por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, y por el Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación.

El objetivo de la discriminación positiva es facilitar y fomentar el inicio de actividades de I+D+i de calidad en desarrollo y cooperación internacional, y la transferencia de sus resultados a los actores de la cooperación internacional. Es decir, se pretende consolidar a medio plazo el programa, como primer impulso, para que este tipo de investigación se asiente en la universidad.

ADSIDEO-Cooperación contribuye a fortalecer los grupos y equipos de investigación para que éstos puedan competir en otro tipo de convocatorias (como las del Ministerio



de Asuntos Exteriores y Cooperación o la de la agencia europea de desarrollo–EuropeAid), así como para crear comunidad científica en torno a la problemática del desarrollo y la pobreza.

Sin embargo, aún queda mucho trabajo por realizar para que las investigaciones alcancen un impacto significativo en términos de reducción de pobreza y desigualdades. A través del análisis del Programa ADSIDEO-Cooperación se han mostrado algunas barreras con las que se encuentran los investigadores, tales como la transferencia de los beneficios de las investigaciones sobre la población local o la escasa participación de Estados, administraciones y entidades sociales locales.

Para superar estas barreras, el CCD de la Universitat Politècnica de València trabaja con el personal docente e investigador a tres niveles: cursos de formación (en el Instituto de Ciencias de la Educación), talleres y jornadas, y asesoramiento técnico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASME (2009). *Engineering solutions for the base of the pyramid*. Massachusetts (US): American Society of Mechanical Engineers (ASME).
- BM (2004). *Informe sobre el desarrollo mundial. Servicios para los pobres*. Washington (US): Banco Mundial (BM).
- IAC (2004). *Inventing a better future*. Amsterdam: InterAcademy Council.
- Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación
- MINECO (2013). *Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación, 2013-2020*. Madrid: Ministerio de Economía y Competitividad de España.
- Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación para el período 2013-2016
- PNUD (2001). *Informe sobre desarrollo humano. Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano*. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Madrid: Mundiprensa.
- Sen, A. (1999). *Development as freedom*. New York: Oxford University Press.
- UKCDS (2010). *Science and Innovation for Development*. London: UK Collaborative on Development Sciences.
- UL HAQ, M. (1995). *Reflections on human development*. USA: Oxford University Press.
- UN Millenium Project (2005). *Innovation: Applying knowledge in development*. UN Millenium Project, Task force in science, technology and innovation. London: Earthscan.
- UNESCO (2003). *Engineering for a better world: international cooperation and the challenges for engineering education*. Paper presented at the Joint 6th WFEO World Congress on Engineering Education and at the International Colloquium on Engineering Education: Global Challenges in Engineering Education, Nashville, TN.



**PROYECTOS
ADSIDEO-COOPERACIÓN
2010**



CONTRIBUCIONES DEL ENFOQUE DE CAPACIDADES PARA EL DESARROLLO HUMANO Y SOSTENIBLE A LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL MARCO DE LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL. UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

Alejandra Boni Aristizábal¹, Álvaro Fernández-Baldor²,
Andrés Hueso González³ y Claudia Bouroncle Seoane⁴

(1) INGENIO, CSIC - Universitat Politècnica de València

(2) Universitat Politècnica de València

(3) Water Aid

(4) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

RESUMEN

La evaluación en el ámbito de la cooperación al desarrollo se ha consolidado como una práctica fundamental para mejorar la calidad y la eficacia de las intervenciones. Por ello, el objetivo principal de este proyecto fue generar una metodología para la evaluación de proyectos en el marco de la cooperación internacional, basada en el enfoque de capacidades (EC) para el desarrollo humano y sostenible. Dicho enfoque cuenta con un extraordinario potencial para ampliar la base de información sobre la que se sustentan las evaluaciones, y que además, si se realiza de manera participativa, puede generar procesos de aprendizaje en el seno de las organizaciones que permitan orientar las acciones de desarrollo hacia los objetivos del desarrollo humano y sostenible.

El proyecto, realizado entre enero de 2011 y diciembre de 2012, conlleva diversas actividades conducentes a la generación de la propuesta metodológica. La parte más importante del proyecto consistió en la realización de tres casos de estudio donde se utilizó el EC: a) cuatro proyectos energéticos en Cajamarca gestionados por la ONG peruana ITDG-Soluciones Prácticas; b) un proyecto de manejo forestal en la Amazonía en Perú, gestionado por las ONG peruanas ProNaturaleza y PaTS; y c) tres experiencias de saneamiento total (CLTS) en el marco de la campaña de saneamiento rural del gobierno de la India.

Entre los resultados derivados del proyecto destacan la realización de dos tesis doctorales, una tesina de máster, dos prácticas de máster y diversas publicaciones en revistas, libros y congresos internacionales, así como aprendizajes de carácter personal muy valiosos.



INTRODUCCIÓN

La evaluación en el ámbito de la cooperación al desarrollo se ha consolidado como una práctica fundamental para mejorar la calidad y la eficacia de las intervenciones. En este sentido apuntan la *Declaración de París sobre la Eficacia de la Ayuda al Desarrollo* (OCDE, 2005), la *Agenda para la Acción de Accra* (OCDE, 2008) o el *Código de Conducta de la Unión Europea* (2007). También para la cooperación española, la evaluación ha ganado en relevancia como así se constata en el *IV Plan Director de la Cooperación Española 2013-2016*. Sin embargo, desde que el Comité de Ayuda al Desarrollo (CAD) de la OECD estableciese en 1991 los criterios básicos de evaluación, muchos han sido los foros donde se aboga por una mejora sustancial en la forma y fines perseguidos por las evaluaciones. Por un lado, se critica que a pesar de ser el fin último de la evaluación el “aprender haciendo”, en la práctica muchas evaluaciones no pasan de simples informes para rendir cuentas ante los financiadores (Roche, 2004). Asimismo, los resultados de las evaluaciones no están siendo diseminados. Suponiendo que existiera un aprendizaje, éste queda restringido a los que han encargado las evaluaciones en lugar de contribuir a un conjunto más amplio de conocimiento y de influir en las políticas y en los programas (Blue *et al.*, 2009). Por otro lado, se debe avanzar en entender la evaluación no sólo como una herramienta de aprendizaje sino también de transformación (Sen, 1999; Nirenberg *et al.*, 2000). En este sentido, se constata la necesidad de incorporar nuevos criterios (además de los tradicionales criterios propuestos por el CAD de pertinencia, eficacia, eficiencia, impacto y sostenibilidad, ver CAD, 2002) que permitan destapar desigualdades, abogar por la justicia y, en definitiva, reforzar el potencial transformador de la tarea de evaluación.

Constatada la riqueza y potencialidad del EC y la necesidad de mejorar las prácticas de la evaluación de las intervenciones de desarrollo en el marco de la cooperación internacional, en este proyecto se han perseguido los siguientes objetivos:

1. Aportar nuevas visiones al ámbito de la evaluación de las intervenciones de desarrollo que orienten sus prácticas hacia los objetivos del desarrollo humano y sostenible.
2. Proponer una metodología para la realización de evaluaciones de proyectos de desarrollo en el marco de la cooperación internacional basada en el EC.
3. Contribuir al debate sobre la operacionalización del enfoque de capacidades.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Enfoque de Capacidades para el Desarrollo Humano

Esta investigación aborda el EC como el marco teórico que puede aportar los fundamentos necesarios para ampliar la visión de los proyectos y se conviertan en instrumentos útiles de desarrollo en la lucha contra la pobreza y la desigualdad.

Pero, ¿de qué desarrollo estamos hablando? Existen diferentes maneras de entender el desarrollo. Este trabajo se sitúa en la línea de los nuevos enfoques del desarrollo humano que ligan el desarrollo con la ampliación de las libertades de las personas. El enfoque del desarrollo humano se basa, fundamentalmente, en los escritos del premio nobel de economía Amartya Sen y las contribuciones de la filósofa Martha Nussbaum. Según este enfoque, el éxito de las intervenciones de desarrollo depende de que las opciones de las



personas para poder conducir su propia vida se hayan ampliado (Sen, 1999). Supone superar la visión utilitarista del desarrollo, entendido como el aumento de ingresos, hacia una visión del desarrollo como el proceso de expansión de capacidades o libertades reales que disfrutan las personas. Como apunta Sen (1999:xii): *“Development consists of the removal of various types of unfreedoms that leave people with little choice and little opportunity of exercising their reasoned agency”*. Desde esta perspectiva las personas son entendidas como agentes activas del cambio y no como receptores pasivos de ayuda.

Las *capabilities*, o capacidades en su traducción al castellano, reflejan las oportunidades reales de las personas para llevar a cabo la vida que tienen razones para valorar. Una capacidad refleja lo que una persona puede hacer o ser, independientemente de que decida realizarlo. Otro concepto a destacar del EC son los funcionamientos (*functionings*), que son las capacidades que las personas deciden poner en práctica. Es decir, una persona puede poseer unas capacidades (disfrutar de libertades u oportunidades), pero puede decidir llevarlas a cabo o no. Estas elecciones están condicionadas por el contexto, por las características de cada persona, por la historia o trayectoria de vida (Robeyns, 2005). Estos factores harán que dos personas teniendo las mismas capacidades, puede que hagan o sean cosas diferentes (funcionamientos) en función de lo que, razonadamente, consideren más valioso.

Bajo el EC se torna fundamental entender a las personas (individual y colectivamente), su trayectoria de vida y el contexto en el que viven (geográficamente y ambientalmente), pero también las relaciones de poder, las normas sociales establecidas o los roles de género (Robeyns, 2005).

La figura 1 representa, según el EC, el conjunto de elementos que influyen a la hora de que una persona convierta unos bienes y servicios en un funcionamiento concreto.

Figura 1. Representación no dinámica del conjunto de capacidades de una persona.



Fuente: Elaboración propia a partir de Robeyns (2005).

Supongamos un recurso muy sencillo: una bicicleta. En principio las personas valoran la bicicleta no por los materiales que la conforman, sino por el funcionamiento que le damos. Por ejemplo, porque nos ayuda a desplazarnos de manera más rápida que si fuéramos caminando. En este caso la capacidad sería la movilidad, tener opciones de desplazarnos



más rápido que caminando. Sin embargo, para que unos bienes y servicios se transformen en capacidades, influyen tres tipos de factores de conversión individuales (Robeyns, 2005):

- Factores personales de conversión: el metabolismo, la condición física, el sexo, la inteligencia, etc. influyen en la manera en que una persona convierte un bien o servicio en una capacidad. Volviendo al ejemplo de la bicicleta, para un discapacitado físico una bicicleta convencional no se convertiría en una opción para desplazarse libremente.
- Factores sociales de conversión: políticas públicas, normas sociales, relaciones de poder, roles de género, jerarquías sociales, etc., también son contemplados en el EC. En el ejemplo de la bicicleta, si las normas de la comunidad no permiten que las mujeres caminen solas en bicicleta, se dificultaría que el medio (bicicleta) se transforme en una capacidad (desplazarse libremente).
- Factores medioambientales de conversión: la localización geográfica o el clima determinarían, por ejemplo, que las personas puedan ir en bicicleta. De poco sirve una bicicleta en un desierto sin pavimentar o en una zona donde sólo existen cuestas de gran pendiente.

Por lo tanto, el EC considera que los bienes y servicios por sí solos no suponen desarrollo, tal y como pregonan otros enfoques; se torna fundamental entender a las personas (individual y colectivamente) pero también el contexto en el que viven. Veamos esto con un ejemplo: supongamos una comunidad en la que se han detectado graves problemas de malnutrición infantil. Un enfoque centrado únicamente en los bienes y servicios puede que proponga como proyecto una intervención que asegure los ingresos económicos familiares para que puedan adquirir alimentos. Sin embargo, el EC nos diría que, además de asegurar los ingresos económicos (condición necesaria), habría que fijarse en las normas sociales y entender el contexto. En este caso sería básico analizar la distribución intrafamiliar de esos ingresos económicos, para comprobar que realmente ese dinero se transforme en alimentos para los niños y niñas, y no se queda en el camino (por problemas alcohólicos del padre, o porque se prima alimentar a los hermanos mayores). En definitiva, este enfoque pregona que los medios son necesarios, pero que no son el fin del bienestar (Drèze y Sen, 1995).

Otro concepto clave del EC es la agencia. Sen (1985:203) la define como la "*habilidad que tiene una persona para conseguir las metas o valores que considera importantes*". Agente sería "*la persona que actúa buscando un cambio*" (Sen, 1999:19). Puesto que bajo el EC el desarrollo es visto como el proceso de expansión de las libertades reales que disfrutaban las personas, la agencia cobra especial relevancia. Mayor agencia potencia la habilidad de las personas para ayudarse a sí mismas, pero también para influir en el mundo, siendo estos temas claves para los procesos de desarrollo (Crocker, 2008).

Conviene destacar en el EC la distinción entre bienestar y agencia. El bienestar suele estar relacionado con la satisfacción personal (por ejemplo, qué sentimos al ayudar a otra persona o al comer algo agradable). Agencia se refiere a los logros que se consideren importantes, independientemente de que produzcan bienestar a la persona (Sen, 1992; 1999). Por lo tanto, la agencia se diferencia del bienestar en el aspecto de que la agencia no sólo concierne a las metas y objetivos que conllevan al bienestar a una persona, sino a la totalidad de sus metas consideradas como importantes (Crocker, 2008). Esta distinción es importante, puesto que una persona puede perseguir objetivos que reduzcan su bienestar, como, por ejemplo, realizar una huelga de hambre por motivos reivindicativos.



Por último, cabe apreciar que el EC comparte los mismos principios que el paradigma del Desarrollo Humano. No puede haber expansión de capacidades si esto no se basa en los principios clave del desarrollo humano, las cuales pueden resumirse de la siguiente manera (UI Haq, 1995):

- Equidad y diversidad: si desarrollo significa ampliar las opciones de las personas, éstas deben disfrutar de un acceso equitativo a las oportunidades, reconociendo la diversidad de las mismas. Desarrollo sin equidad significa restringir las opciones de los individuos en una sociedad. Según UI Haq (1995) la equidad en el acceso a las oportunidades requiere, en muchas ocasiones, de una reestructuración del poder establecido.
- Sostenibilidad: las próximas generaciones merecen disfrutar de las mismas oportunidades que las presentes. No se refiere por tanto al aspecto ambiental, sino a la sostenibilidad de las opciones humanas: físicas, humanas, financieras y ambientales.
- Productividad: facilitar un entorno para que las personas sean productivas y se puedan asegurar unos medios de vida sostenibles.
- Participación y empoderamiento: las personas concebidas como sujetos y objetos del desarrollo, capaces de realizar elecciones bajo su propia voluntad. Las personas son agentes de cambio y deben poder influir en las decisiones que afectan a sus vidas.

Sin embargo, pese a lo rico de este enfoque, no existen demasiados trabajos que hayan profundizado en las potencialidades del EC para analizar los proyectos de desarrollo. Una excepción la constituye el reciente número especial del *Journal of Human Development and Capabilities* dedicado a los proyectos de desarrollo (Frediani *et al.*, 2014), aunque una mayor investigación es necesaria para seguir profundizando en este campo.

Este trabajo ayuda, precisamente, a completar ese vacío aportando una investigación aplicada sobre las potencialidades que tiene el EC para entender los proyectos de cooperación al desarrollo como medio para ampliar las opciones de las personas. Es decir, que el producto de una intervención no sea solamente un artefacto o servicio, sino que además sirva como proceso y medio para expandir la capacidad de las personas de alcanzar la vida que les gustaría llevar y la habilidad y libertad para ayudarse a sí mismas.

METODOLOGÍA

El proyecto, realizado entre enero de 2011 y diciembre de 2012, conlleva diversas actividades conducentes a la generación de la propuesta metodológica. La parte más importante del proyecto consistió en la realización de tres casos de estudio donde se utilizó el EC: a) cuatro proyectos de electrificación rural en Cajamarca gestionados por la ONG peruana ITDG-Soluciones Prácticas; b) un proyecto de manejo forestal en la Amazonía en Perú, gestionado por las ONG peruanas ProNaturaleza y PaTS; y c) tres experiencias de saneamiento total (CLTS) en el marco de la campaña de saneamiento rural del gobierno de la India.

Para llevar a cabo el análisis de los casos de estudio, la investigación contempla el diseño *ad hoc* de una metodología que permite analizar los efectos de los proyectos en términos de bienestar y agencia en las personas.

Los trabajos de Alkire (2002), Biggeri *et al.* (2006), Frediani (2008) y Muñiz (2009) inspiraron, fundamentalmente, el diseño metodológico de la investigación. Se incorporaron



herramientas para obtener datos relativos al contexto y a los factores de conversión individual que afectan a las capacidades de las personas. Así mismo, se centró en averiguar la relación de los proyectos de electrificación con la expansión de capacidades con especial énfasis en las cuestiones de género.

La tabla 1 que se muestra a continuación recoge los pasos metodológicos así como los datos esperados a obtener de cada una de las etapas de la investigación.

Tabla 1. Metodología para analizar proyectos desde el EC.

Paso metodológico	Datos a obtener
1.- Revisión de literatura	Contexto general del proyecto y factores de conversión individual (FCI)
2.- Entrevistas a actores clave	Contexto y FCI
3.- Talleres participativos	Bienes y servicios aportados por el proyecto; rol del técnico y FCI
4.- Transectos (en las comunidades)	FCI
5.- Talleres con líderes (en las comunidades)	Proceso del proyecto (acceso, participación, equidad, organización), rol del técnico de la ONGD, agencia y contexto
6.- Taller participativo con beneficiarios del proyecto (en la comunidad)	Cosas valoradas por las personas, Capacidades y funcionamientos
7.- Entrevistas individuales (en la comunidad)	Elección personal, historia personal, capacidades, funcionamientos y agencia
8.- Devolución de resultados	Compartir y discutir los resultados de la investigación

Fuente: elaboración propia.

La comprensión del contexto (y resto de factores de conversión) se completó con la realización de entrevistas semiestructuradas a informantes clave.

La principal característica del trabajo de campo es que fue codiseñado con las ONGD que implementaron los proyectos (Practical Action, ProNaturaleza, PaTS, y Fundación CLTS), desde los objetivos de la investigación, hasta ayudar a perfilar los talleres, seleccionar las comunidades, acompañar las visitas y discutir los resultados de la investigación. Otro aspecto a destacar fue el componente participativo de la metodología. En la tabla 2 se muestran las principales características del trabajo de campo en las comunidades, donde se presentan las técnicas implementadas y el objetivo para el que fueron empleadas.

La metodología tiene una componente fuerte de género. En general, los talleres participativos se realizaron de forma separada en cada comunidad –unos con hombres y otros con mujeres–, pero en los casos donde había una fuerte interacción de hombres y mujeres a lo largo del proyecto, se realizaron de manera conjunta. Por otro lado, en las entrevistas individuales se realizó la dinámica de los Usos del Tiempo, a fin de comprobar las diferencias en la carga diaria de trabajo entre hombres y mujeres. A su vez, los *focus groups* permitieron conocer el acceso de las mujeres a cargos de responsabilidad en la comunidad, así como su participación y acceso al proyecto.



Los talleres participativos realizados en las comunidades fueron la pieza fundamental de la metodología para obtener información respecto a las cosas que valoran las personas y su relación con el proyecto. La pregunta clave sobre la que discutieron los asistentes en la primera parte del taller fue la siguiente: ¿Qué cosas u oportunidades le gustaría que sus hijos disfrutaran en el futuro? El objetivo de esta pregunta era, no tanto averiguar cuáles son las capacidades de las personas, sino saber cuáles son las cosas que las personas realmente valoran en sus vidas, abordando el largo plazo para no limitar las respuestas por factores de conversión. La segunda parte del taller consistió en averiguar los impactos positivos y negativos del proyecto. Las personas asistentes tenían que completar la siguiente frase: “El proyecto me ha gustado porque ahora...” y “El proyecto no me ha gustado porque ahora...”. Cuando se recurrió al ejercicio de reconstrucción de la línea del tiempo, estos impactos pudieron ser diferenciados para cada fase del proyecto. Seguidamente, se relacionaron las cosas valoradas por la gente con los efectos detectados que causaba el proyecto. Por último, el taller se cerraba con una reflexión grupal sobre los principales efectos de los proyectos en las cosas que valoraba la gente.

Tabla 2. Trabajo de campo en las comunidades.

Metodología	Técnica	Datos a obtener
Focus group con líderes	Preguntas abiertas sobre el proyecto y la organización de la comunidad	FCl; Contexto social; Bienes y servicios aportados por el proyecto
	Línea del tiempo	Historia de la comunidad (contexto); Relevancia del proyecto para la comunidad
Talleres participativos con comunidad	Talleres con hombres y mujeres por separado	Cosas valoradas por las personas (bienestar); Relación del proyecto con las cosas valoradas
	Dinámica de la bola	Efectos del proyecto
Entrevistas individuales	Cuestionario semi estructurado	Conocer la historia de vida de las personas; Profundizar en las capacidades individuales; Conocer datos personales relativos al proceso del proyecto (participación, equidad, acceso, organización, etc.); Conocer datos relacionados con la agencia (motivaciones, negociación, participación en tomas de decisiones importantes, sentimiento de comunidad, etc.)
	Usos del tiempo	Funcionamientos: cargas de trabajo de hombres y mujeres (antes y después del proyecto)

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

En este apartado se recogen los principales resultados generales de la investigación, clasificados en tres niveles:

- A nivel teórico: a lo largo de la investigación se ha profundizado en el marco teórico para entender y planificar las intervenciones tecnológicas desde el enfoque de capacidades.



- A nivel metodológico: la investigación ha requerido la operacionalización del marco teórico adaptado a comunidades rurales en Perú y la India. La metodología ha sido creada *ad hoc* para averiguar los impactos de los proyectos en términos de bienestar y agencia en las personas.
- Para los estudios de caso: de las comunidades analizadas se desprenden unos resultados concretos, entre los que destacan la multidimensionalidad del bienestar (demostrada por la variedad de aspectos valorados por las personas, algunos de los cuales no eran esperados por las ONGD) y las desigualdades producidas por los proyectos (principalmente entre hombres y mujeres).

Respecto al primer punto, el marco teórico, la principal aportación de la investigación es la necesidad de entender los proyectos como una oportunidad única para, además de aportar un bien o servicio (como puede ser la electricidad o el saneamiento), fomentar procesos de desarrollo entre las personas de manera que se amplíen las oportunidades reales que disfrutaban los individuos a la vez que se fomenta su empoderamiento y agencia.

En algunas de las publicaciones fruto de esta investigación (Fernández-Baldor *et al.*, 2009; 2012; 2014) se detallan los aspectos que se han considerado elementales para contribuir a este proceso. Entre ellos destacan la creación de espacios inclusivos de deliberación y participación democrática, la participación real de la población en la toma de decisiones importantes, fomentar la motivación e involucración de la población, entender qué valora la gente y por qué, o el respeto en las intervenciones a los principios de desarrollo humano (equidad, sostenibilidad, empoderamiento y productividad). Precisamente en otra publicación (Fernández-Baldor *et al.*, 2014) se profundiza en la importancia de la equidad en las intervenciones si no pretende producir desigualdades entre las personas (sobre todo de género).

En lo que se refiere a la metodología, esta investigación ha tratado de ser muy cuidadosa en operacionalizar el Enfoque de Capacidades, tantas veces criticado por su escasa aplicabilidad a nivel micro. La metodología es de marcado carácter cualitativo y está formada por varias herramientas: talleres participativos con los miembros de las comunidades, entrevistas individuales, transectos, talleres con líderes, entrevistas a actores clave, etc. Se caracteriza, además, por un fuerte componente de género (dinámica de usos del tiempo; talleres diferenciados de hombres y mujeres;...) que ha permitido analizar las desigualdades de género existentes y la influencia de los proyectos de electrificación en las mismas.

En el diseño de la metodología han participado los y las autoras de este artículo, realizándose un primer test de la metodología con mujeres en riesgo de exclusión de un barrio marginal de Valencia, lo que sirvió para refinar por primera vez la metodología.

La metodología fue refinada de nuevo y codiseñada finalmente en Perú y la India por el personal de las ONGD socias de la investigación. Conocedores de la realidad, sus aportaciones fueron fundamentales para adaptar la metodología al contexto de cada país.

Si bien la metodología debe ser adaptada a cada contexto de aplicación, creemos que puede servir de guía para analizar intervenciones desde la óptica de las capacidades. La propia metodología *per se* recomienda la participación de todas las partes involucradas en el refinamiento y adaptación de la misma a cada contexto particular.

Por último, en lo que se refiere a los resultados concretos, algunos elementos clave resultado de la investigación serían:



- Foco en las personas: situar el centro de la intervención en las personas, de tal manera que los proyectos sirvan para eliminar las barreras que impiden su propio desarrollo. Esto conlleva, como señalábamos anteriormente y resumíamos en la figura 1, entender los factores de conversión individuales, las normas sociales, el contexto, la formación de preferencias en las elecciones individuales, etc.
- Proceso de desarrollo liderado por la comunidad: una intervención debería facilitar que el proceso sea liderado por los miembros de la comunidad. De esta manera se reforzaría la apropiación del proyecto, a la vez que se facilitarían procesos de empoderamiento entre sus miembros y se mejoraría la sostenibilidad de los mismos.
- Entender qué valora la gente: según el EC se hace necesario para cualquier intervención de desarrollo entender qué valora la gente y por qué. Esto implica implementar metodologías que permitan a la gente deliberar democráticamente y de manera inclusiva, individual y colectivamente, sobre sus preferencias y el porqué de las mismas. Nos referimos aquí a una participación que permita obtener la opinión de la gente, pero que sirva además para transferir progresivamente poder a las personas de manera equitativa.
- Principios del Desarrollo Humano: las intervenciones deben asegurar la equidad y la diversidad (entre hombres y mujeres; jóvenes y ancianos; familias afectadas por el SIDA y aquellas que no lo están, etc.); la sostenibilidad (no solo ambiental, sino en sentido amplio: asegurando las opciones de las generaciones venideras); productividad (favorecer un entorno que permita a las personas desarrollar sus capacidades); y el empoderamiento (habilitando que la gente sea capaz de promover cambios que considera importantes).
- Rol de los facilitadores: es habitual que los proyectos sean diseñados y ejecutados por personal externo, supuestamente mejor conocedor de la tecnología a implementar. Sin embargo, aquí se aboga por un rol más de facilitador que de implementador de la tecnología. En este sentido, el técnico debería presentar y explicar las diferentes opciones tecnológicas de la manera más objetiva posible. También supone planificar con la gente como medio de integrar sus propios conocimientos, como contraposición a los enfoques que presuponen un mayor conocimiento del equipo "investigador" o "ejecutor" de un proyecto de cooperación. Transferir el poder de investigar, diagnosticar, interpretar datos, diseñar, planificar, desde el personal externo a la propia gente, permite a ésta aumentar su autoestima, sus capacidades y su participación en la toma de decisiones.

VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA A NIVEL ACADÉMICO Y PERSONAL

Las y los autores de este trabajo valoramos muy positivamente este proyecto; como se ha expuesto anteriormente, desde el punto de vista académico, los resultados académicos han sido muy positivos. Con los fondos destinados a este proyecto, se ha podido costear el trabajo de campo que ha sido fundamental para la realización de dos tesis doctorales (Fernández-Baldor, 2013; Hueso, 2013) y dos tesinas de fin de Máster (Lillo, 2012; Bouroncle, 2014), todas ellas en programas de la UPV. Las dos primeras, han dado origen a diversas publicaciones en revistas nacionales e internacionales (Fernández Baldor *et al.*, 2012; 2012a; 2014), así como a la participación en congresos especializados en el ámbito del desarrollo y la cooperación internacional (como el que organiza anualmente la *Human Development and Capability Association*, la mayor red internacional especializada en el EC: <https://hd-ca.org>)



o en el de la tecnología y el desarrollo (como el organizado por la cátedra UNESCO en tecnologías y desarrollo en junio 2014: <http://cooperation.epfl.ch/2014Tech4Dev>).

Asimismo, otra contribución importante del proyecto ha sido el fortalecimiento de una línea de investigación en planificación de proyectos desde la perspectiva del desarrollo humano y el EC, materializada en publicaciones internacionales (como por ejemplo, Frediani *et al.*, 2014), y en dos nuevas tesis doctorales actualmente en curso en el Programa de Desarrollo Local y Cooperación de la Universitat Politècnica de València.

Las sinergias con la docencia también han sido muy positivas, habiéndose trasladado los aprendizajes derivados del proyecto, sobre todo, a la docencia del Máster en Cooperación al Desarrollo de la UPV. Los contenidos relacionados con el desarrollo humano y el enfoque de capacidades, las tecnologías y la investigación para el desarrollo, se han visto reforzados de manera especial.

Otra experiencia muy valiosa del proyecto ha sido el aprendizaje derivado de la relación con las organizaciones no gubernamentales con las que se han realizado los tres estudios. No ha sido una relación fácil en ocasiones debida, entre otros muchos factores, a diferentes ritmos y perspectivas sobre para qué y cómo investigar entre la academia y las ONGD. En el caso de *Practical Action* en Perú, esto dificultó en ocasiones el trabajo de campo, pero, finalmente, los resultados obtenidos han sido valorados positivamente por la organización y están dando lugar a cambios al interior de la ONG como puede ser una mayor atención a la diversidad en la planificación de sus intervenciones.

A nivel personal, los aprendizajes también han sido positivos: el hecho de haber podido realizar trabajo de campo en terreno ha permitido dimensionar en la práctica lo complejo de la investigación en el desarrollo; también, en el encuentro con la realidad, se han desafiado visiones del desarrollo pre-establecidas y, por último, el encuentro intercultural ha sido fuente constante de aprendizaje a todos los niveles. Andrés Hueso, que realizó su trabajo en la India en distintas comunidades rurales, nos ilustra estos detalles:

Más allá del hecho de que las evidencias obtenidas se convirtieron en la columna vertebral de mi tesis doctoral, esta investigación fue una experiencia rica, complicada y divertida, fuente constante de aprendizaje a todos los niveles. A nivel de contenido, fue fascinante poder conocer de primera mano la aplicación de distintos enfoques de saneamiento sobre los que tanto había leído y pensado, desmontándome mitos y completando lagunas. Después, a nivel metodológico, fue muy interesante, por un lado, el poner en práctica una original metodología de investigación combinando métodos cualitativos y cuantitativos, innovar con nuevas herramientas (sobre todo la inmersión), errar y refinarlas. Por el otro lado, también aprendí mucho sobre cómo investigar en desarrollo al enfrentarme al desafío de adaptar la metodología a la realidad de campo, una vez me hube dado cuenta de cuán diferente era ésta respecto a lo que había supuesto –en cuanto a aplicabilidad de ciertas herramientas, la lógica de la intervención, los resultados esperados. Finalmente, a nivel de mi visión sobre el desarrollo, aparte de reforzar ideas sobre su naturaleza compleja y sobre la importancia de mirar siempre más allá de los aspectos técnicos, el mayor aprendizaje que me llevo es el entender las intervenciones de desarrollo en un marco amplio que abarque, entre otras cuestiones, la dimensión política, no solo en cuanto al contexto, sino sobre todo en términos de cómo las propias intervenciones desencadenan o influyen en procesos políticos más amplios, cuyo impacto es igual o más determinante que el propio diseño de la intervención.



CONCLUSIONES

En este capítulo hemos presentado el Enfoque de Capacidades de Amartya Sen como un marco teórico que nos permite ampliar la base sobre la cual se realizan las evaluaciones en las intervenciones de desarrollo. Según este enfoque, las evaluaciones se deben realizar teniendo en cuenta los principios de desarrollo humano. Es decir, conlleva unas implicaciones prácticas a la hora de evaluar que consideren aspectos muy relacionados con los resultados, pero también y especialmente con los procesos. Es por ello que aspectos como el acceso, la sostenibilidad o el empoderamiento juegan un papel fundamental en las intervenciones.

También hemos analizado el EC como un marco que sitúa a las personas en el centro de las evaluaciones. Esto supone superar el mero análisis de impactos de proyectos, sino bajar al análisis centrado en las personas, analizando los cambios que el proyecto ha producido en la vida de las personas, las libertades que se han visto ampliadas o cómo se ha mejorado la habilidad de las personas para ayudarse a sí mismas.

Creemos, por tanto, que el EC posee un gran potencial para convertir las evaluaciones en procesos de cambio y transformación, aumentando la eficacia y calidad de las intervenciones de desarrollo, y teniendo sinergias con otros enfoques, como la sistematización de experiencias. Sin embargo, se necesitan más investigaciones que permitan sintetizar y operacionalizar el enfoque de manera ágil y flexible, así como nuevos estudios que comparen las evaluaciones tradicionales con aquellas centradas en las personas. La práctica habitual de este enfoque permitiría reorientar las intervenciones hacia proyectos valorados por las propias personas, y donde los objetivos principales de las intervenciones fueran ampliar las libertades de las personas y mejorar su habilidad para ayudarse a sí mismas.

Hemos destacado también cómo la financiación del Programa ADSIDEO ha permitido obtener unos resultados académicos muy notables, considerando además la poca dotación económica del mismo comparada con otras convocatorias de investigación. Por último, son apreciables los efectos en la docencia en el ámbito de los estudios en desarrollo, así como aprendizajes personales de diferente tipo.

Agradecimientos

El equipo que conforma este trabajo agradece al CCD de la UPV su apoyo para llevar a cabo la investigación financiada en la convocatoria ADSIDEO-Cooperación 2010.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkire, S. (2002). *Valuing freedoms: Sen's capability approach and poverty reduction*. Queen Elizabeth house series in development studies. Oxford: Oxford University Press. <http://dx.doi.org/10.1093/0199245797.001.0001>
- Biggeri, M., Libanora, R., Mariani, S., Menchini, L. (2006): Children conceptualizing their capabilities: Results of a survey conducted during the first children's world congress on child labour. *Journal of Human Development and Capabilities*, 7(1): 59-83. <http://dx.doi.org/10.1080/14649880500501179>
- Blue, R., Clapp-Wincek, C., Benner, H. (2009): *Beyond Success Stories: Monitoring and Evaluation for Foreign Assistance Results*, May 2009.



- Bouroncle, C. (2013). *Los proyectos de manejo forestal comunitario y el fortalecimiento de capacidades y agencia: el caso del valle del Palcazú*. Valencia: Universitat Politècnica de València. Tesina de Máster.
- Crocker, D. (2008). *Ethics of global development: Agency, capability, and deliberative democracy*. Cambridge: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511492594>
- Drèze, J., Sen, A.K. (1995). *India: Economic Development and Social Opportunity*. New York: Oxford University Press.
- Fernández-Baldor, A. (2013). *Technologies for Freedom: una aproximación a los proyectos de cooperación de corte tecnológico desde el Enfoque de Capacidades*. Valencia: Universitat Politècnica de València. Thesis dissertation.
- Fernández-Baldor, A., Hueso, A., Boni, A. (2009). Technologies for freedom: Collective agency-oriented technology for development processes. Lima: Paper presented at the *Human Development and Capability Approach conference*. 12-14th september.
- Fernández-Baldor, Á., Boni, A., Hueso, A. (2012). Technologies for Freedom: una visión de la tecnología para el desarrollo humano. *Estudios de Economía Aplicada*. v. 30, n. 3. p. 971-996.
- Fernández-Baldor, A., Hueso, A., Boni, A. (2012a). "From Individuality to Collectivity: The Challenges for Technology-Oriented Development Projects". In: Oosterlaken, I, Van der Hoven, J. (eds). *The Capability Approach, Technology and Design*. Dordrecht: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-3879-9_8
- Fernández-Baldor, Á., Boni, A., Lillo, P., Hueso, A. (2014). Are technological projects reducing social inequalities and improving people's wellbeing? A Capability Approach analysis of renewable energy based electrification projects in Cajamarca, Peru. *Journal of Human Development and Capabilities*, 15(1).
- Frediani, A. (2008). *Housing freedom, Amartya Sen and urban development policies. Squatter settlement upgrading in Salvador da Bahia, Brazil*. Oxford: Brookes University. Thesis dissertation.
- Frediani, A., Boni, A., Gasper, D. (2014). Approaching Development Projects from a Human Development and Capability Perspective, *Journal of Human Development and Capabilities*, 15(1): 1-12. <http://dx.doi.org/10.1080/19452829.2013.879014>
- Hueso, A. (2013). *Pathways to sustainability in community-led total sanitation: experiences from Madhya Pradesh y Himachal Pradesh*. Valencia: Universitat Politècnica de València. Thesis dissertation.
- Lillo, P. (2012). Análisis de proyectos de electrificación rural utilizando el enfoque de capacidades. Estudio de cuatro comunidades en Cajamarca, Perú, *Cuadernos de Investigación en Procesos de Desarrollo*, Número 9, Universitat Politècnica de València, disponible en http://www.mastercooperacion.upv.es/images/mcad/cuad_inv9.pdf
- Muñiz, M. (2009). *Human development and autonomy in project aid: experiences from four bilateral projects in Nicaragua and El Salvador*. Maastricht: Boekenplan. MGSOG Dissertation Series 4.
- Nirenberg, O., Brawerman, J., Ruiz, V. (2000). *Evaluar para la transformación. Innovaciones en la evaluación de programas y proyectos sociales*. Barcelona: Paidós.
- OECD. (2002). Principios para la evaluación de proyectos de desarrollo. Comité de Ayuda al Desarrollo. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD. (2005). Declaración de París sobre la eficacia de la ayuda. Organisation for Economic Co-operation and Development.



OECD. (2008). Agenda de Acción de Accra. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Robeyns, I. (2005). The capability approach: A theoretical survey. *Journal of Human Development*, 6: 93-117. <http://dx.doi.org/10.1080/146498805200034266>

Roche, C. (2004). *Evaluación de impacto para agencias de desarrollo. Aprendiendo a valorar el cambio*. Barcelona: Ed. Intermón-Oxfam.

Sen, A. (1985). Well-being, agency and freedom: The dewey lectures 1984. *The Journal of Philosophy* Vol. 82, p. 169-221. <http://dx.doi.org/10.2307/2026184>

Sen, A. (1999). *Development as freedom*. New York: Oxford University Press.

Ul Haq, M. (1995). *Reflections on human development*. New York: Oxford University Press.



IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL USO DE AGROTÓXICOS PARA CULTIVOS TRANSGÉNICOS EN LA BAHÍA DEL RÍO URUGUAY (RIO GRANDE DO SUL, BRASIL)

Nicolás Laguarda Miró¹, Francesca Werner Ferreira²,
Javier Ibáñez Civera¹, Eduardo García Breijo¹, Luís Gil Sánchez¹,
Rafael Masot Peris¹ y Edwin Loeff¹

(1) Centro de Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tecnológico. Universitat Politècnica de València, (València, España)

(2) UNIJUI Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul, (Brasil)

RESUMEN

El estado de Río Grande do Sul (Brasil) presenta varias problemáticas de salubridad y medioambientales de entre las que destaca el uso masivo de agrotóxicos, y en particular de glifosato, herbicida de amplio espectro para la fumigación de las extensas explotaciones agrarias de maíz, trigo, soja y colza existentes en la zona (productos estratégicos en la lucha contra el hambre del primero de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas para 2015).

Actualmente, están detectándose concentraciones de este herbicida en zonas naturales, ríos y biota en las que no debería estar presente. Esto es un grave problema porque se trata de un producto cuya toxicidad está siendo muy discutida y lo que ocurre a largo plazo con su uso y con los compuestos derivados de su degradación no es todavía conocido. Además, en la actualidad su detección no es sencilla ni económica.

Atendiendo a la creciente sensibilización medioambiental y al endurecimiento de la legislación estatal, este proyecto se centró en la identificación y cuantificación de glifosato en la bahía del río Uruguay (río fronterizo entre Brasil y Argentina) mediante la transferencia de conocimiento y tecnología necesarios para optimizar el control de este herbicida y reducir sus elevados costes en una zona en la que los recursos económicos son limitados.

INTRODUCCIÓN

Brasil es un país emergente que, debido a su pasado colonial, a su corta historia como país respecto de los países desarrollados y sus características físicas y políticas, presenta grandes desigualdades en términos de distribución de la riqueza, habiendo importantísimos núcleos de población empobrecida tanto en áreas urbanas (favelas en Río de Janeiro) como



en zonas agrícolas de interior (alrededores de la ciudad de Ijuí como Thomé de Souza y otros barrios humildes). Recientes datos económicos sitúan a Brasil como la 8ª potencia económica mundial en términos de PIB (World Bank, 2010) y, pese a ello, el país presenta un 26% de su población por debajo del umbral de la pobreza (CIA, 2010).

Rio Grande do Sul es el estado más al sur de Brasil. Pese a ser un estado comparativamente rico en relación a la media federal, presenta también la problemática anteriormente citada referente a la desigual distribución de la riqueza, con una zona de un cierto nivel económico en la costa del Estado (Porto Alegre, Pelotas...) y otra en el interior, notablemente más deprimida.

Buena parte del interior del estado de Rio Grande do Sul pertenece, hidrogeográficamente hablando, a la bahía del río Uruguay y sus afluentes (Bittencorte, 2009a). Esta zona es una extensa área de terreno fértil (con espesores de capa de tierra fértil de entre 5 y 10 metros), climatología moderada (temperaturas medias entre 12°C y 25°C a lo largo del año) y lluvias abundantes (1.600 mm/año), en las que desde la época colonial ha venido desarrollándose una actividad agrícola y ganadera que se ha convertido en la base económica de la región. En las extensas áreas de cultivo que conforman el paisaje de la zona, se cultiva soja, maíz, trigo y colza que son, al menos los tres primeros, elementos estratégicos en la lucha contra el hambre y la pobreza que persigue erradicar las Naciones Unidas (NNUU) (MDG Report, 2010), con el primero de los denominados Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en el horizonte de 2015, revisados recientemente (UN General Assembly, 2010). Sin duda, la productividad agrícola de estos cultivos logra una tarea loable en la lucha contra el hambre y la pobreza (FAO Catalogue, 2009), pues son cultivos de productividad muy eficiente de relativo bajo coste y una parte importante de la base alimentaria de una gran parte de la población mundial. Pero en las zonas en las que se cultivan, y particularmente la que se cita, estas producciones se realizan sin apenas alternancia de cultivos y con procedimientos de explotación que generan importantes problemáticas de salubridad y también de tipo ecológico (WHO & FAO Report, 2006).

Uno de los diversos graves problemas detectados en la zona, tal vez el más importante junto con la pérdida de suelo fértil por arrastre eólico e hídrico (Hüller, 2010), es el de los efectos que los agrotóxicos utilizados en estos cultivos generan sobre el medio físico (suelo y agua) (Bittencorte, 2009b), las plantas y animales y, por encima del todo, el ser humano (Bittencorte & Loebens, 2009).

El agrotóxico más utilizado en la región es el glifosato (ácido fosfometil amino acético) cuya formulación química es $C_3H_8NO_5P$. Se trata de un herbicida sistémico, no selectivo, de amplio espectro y de extensa aplicación en agricultura (Sierra *et al.*, 2008). Este herbicida funciona a base de inhibir la encima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintetasa, también conocida por las siglas EPSP y que tiene una función esencial en la síntesis de aminoácidos vitales para la vida de las plantas, como el triptófano y la tirosina (Sierra *et al.*, 2008). El uso de este herbicida está rigurosamente controlado en el Estado Español (Ministerio de Presidencia, 2007) y en la Unión Europea (Comisión de las Comunidades Europeas, 2003), aunque sigue usándose sin demasiado control en vastas zonas rurales del mundo, entre ellas, el interior del estado de Río Grande do Sul. El modo de aplicación de este herbicida en esta región es mediante fumigación con avioneta por lo que el área de aplicación resulta ser muy poco selectiva y el producto, amén de depositarse sobre los cultivos a tratar, precipita también sobre otras áreas afectando al agua, suelo, flora y fauna y también de manera directa e indirecta al ser humano. El glifosato, dependiendo de las



condiciones, tiene un periodo de descomposición en el medio físico que oscila desde 7 a 60 días (Accinelli *et al.*, 2004) aunque en determinadas condiciones llega a persistir más de 174 días (Dow Chemical, 1999). Su toxicidad está siendo muy discutida últimamente y, aunque no se ha demostrado que sea carcinogénico, lo que ocurre a largo plazo con su uso y con los compuestos derivados de su degradación, no es todavía conocido.

Fotografía 1. Aplicación de glifosato sobre cultivos en Rio Grande do Sul (Brasil).



En la actualidad, no existe un método rápido y práctico para la medida y cuantificación de glifosato y su derivados en el medio físico (agua y suelo) ni en animales ni plantas (tampoco lo hay *in situ* ni en laboratorio). Las técnicas analíticas existentes son complejas y costosas. Una de las metodologías utilizadas es la cromatografía líquida (Sánchez-Bayo *et al.*, 2010), aunque también existen otras como la colorimetría (Coutinho *et al.*, 2008) o la electroforesis capilar (Chiu *et al.*, 2008) que, combinada con técnicas de electroquimioluminiscencia (Jin *et al.*, 2010), hacen posible un análisis efectivo del glifosato. No obstante, para los objetivos que persigue el presente proyecto, resulta mucho más interesante los recientes desarrollos de Aquino y Andrade (2009), basados en la electroquímica y las investigaciones existentes con distintos materiales sensores como plata y platino (Méndez *et al.*, 2007), cobre (Coutinho *et al.*, 2007), o las ultimísimas investigaciones con enzimas reactivas (Songa *et al.*, 2009) e hidróxidos de doble capa (Khenifi *et al.*, 2009).

En la región noroeste del estado de Río Grande do Sul, los laboratorios certificados por Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS (FEMAP) para el análisis y control de calidad de los ríos de la zona, se encuentran en la Universidad del Noroeste del Estado de Río Grande do Sul (UNIJUÍ). Por estos laboratorios pasan anualmente innumerables muestras de agua de ríos y efluentes agrícolas, ganaderos, piscícolas, industriales y urbanos. Es por ello por lo que se tiene un profundo conocimiento de los usos del agua y sus problemáticas hasta el momento. Ahora bien, como consecuencia del endurecimiento de las leyes estatales en materia de protección de los ecosistemas y la ampliación de los parámetros a analizar en



las aguas, se está detectando la presencia de agrotóxicos en algunas muestras de agua a concentraciones sensibles, lo que ha generado cierta inquietud por los efectos que estos compuestos pueden generar en los ecosistemas de la región y en las personas.

La limitación de recursos económicos en la zona hace que sea difícilmente realizable un exhaustivo control de las aguas, ya que, aunque se dispone de tecnología para ello, los ensayos a realizar son desproporcionadamente caros en relación al presupuesto que a ellos se destina.

Es por ello por lo que el *know-how* de que se dispone en el grupo y la tecnología desarrollada, pueden jugar un papel importante, en primer lugar, en el abaratamiento de las citadas determinaciones analíticas mediante el desarrollo de equipos de medida directa y, en segundo lugar, en el intercambio de tecnologías y experiencias que permita una sistematización de controles y análisis que posibilite la monitorización de toda la zona.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto nació a partir de una estancia de investigación del profesor responsable del mismo, Nicolás Laguarda Miró, en la UNIJUÍ (Campus de Santa Rosa 'RS-Brasil') y de la observación de las problemáticas de los agrotóxicos en el medio natural y humano que se documentan en la introducción. Como consecuencia de la colaboración realizada en dicho periodo de investigación y del intercambio de ideas surgida al respecto, se ha podido establecer contacto con algunos de los investigadores de la región más destacados en la materia. Al mismo tiempo, tras varias reuniones y trabajo conjunto, se preparó la base para un efectivo intercambio de conocimientos y de tecnología que permitiera profundizar en el conocimiento de la problemática a escala regional, cuantificar su impacto y colaborar activamente en la disminución de la gravedad del problema. De hecho, el proyecto que se describe es sólo un primer paso de colaboración conjunta entre ambas universidades: la Universitat Politècnica de València (UPV) y la UNIJUÍ; en el marco administrativo de un acuerdo de colaboración interuniversitaria que, a día de hoy, está resultando muy productivo.

A partir de dichos contactos, se logró implicar en este proyecto a personal investigador de diversas entidades, como la UPV, UNIJUÍ y la ONG AIPAN (Associação Ijuicense da Proteção do Ambiente Natural), lo que nos dio soporte científico, técnico y humano en la propia área de estudio. Esta implicación extra-universitaria hizo de éste un proyecto que, en opinión de los participantes, estuvo dotado de sólida base para su realización. Es por ello por lo que se solicitó financiación para llevarlo a término en la convocatoria ADSIDEO-Cooperación 2010.

Por otra parte, desde el punto de vista de la cooperación al desarrollo humano, este proyecto, sus objetivos y tareas, se engloban dentro del marco de los ODM que las NNUU han establecido para el horizonte de 2015, revisados recientemente, y en particular en el objetivo concreto nº1, relativo a la lucha contra la pobreza y el hambre, puesto que la problemática de los agrotóxicos viene de la mano de la actividad agropecuaria y, en el caso que nos ocupa, la producción de soja, maíz, trigo, colza y otros vegetales transgénicos que, por ser proteína económica, son cultivos estratégicos dentro del objetivo de la erradicación del hambre en el planeta y el desarrollo de las regiones más desfavorecidas.

Asimismo, este proyecto se enmarca dentro del ámbito legislativo del Estado Español, en el que se está desarrollando el proyecto de Ley de la Ciencia, la Tecnología y la



Innovación. Este proyecto de Ley, en su capítulo nº3, relativo a la internacionalización del sistema y cooperación al desarrollo, el artículo 39 define su ámbito de trabajo en materia de Cooperación al Desarrollo y, en su punto segundo, establece que «se fomentará la transferencia de conocimientos y tecnología en el marco de proyectos de cooperación para el desarrollo productivo y social de los países prioritarios para la cooperación española».

Además, la Agencia Española de Cooperación (AECID), de acuerdo con lo que estableció el Plan Director de Cooperación Española 2009-2012, en sus contenidos temáticos de la Política para el Desarrollo, destacó el Desarrollo Rural y la Lucha contra el Hambre, la Salud, la Sostenibilidad Ambiental y el Agua y Saneamiento como sectores de intervención en el citado periodo.

También enmarcó legislativamente este proyecto el denominado Plan Director de la Cooperación Valenciana 2008–2011 en el que, cuando se hablaba de Criterios Sectoriales, se incluyó los siguientes: «(g) El impulso de la investigación científica y tecnológica orientada a la promoción del desarrollo humano sostenible» y «(h) la recuperación y conservación de la biodiversidad y la promoción del uso sostenible de los ecosistemas y sus recursos naturales». Este Plan Director de la Cooperación Valenciana, en su Plan Anual para 2010 clasificó a Brasil como País de Atención Específica, lo que dotaba todavía de mayor interés a este proyecto que finalmente fue financiado en la citada convocatoria.

Objetivos

Este proyecto tuvo por objetivo general identificar y cuantificar la problemática de la presencia de agrotóxicos en el medio físico y en la biota de la región del noroeste del Estado de Río Grande do Sul (Brasil) y colaborar en la minimización de esta problemática.

Dentro de este objetivo general, el proyecto pretendió conseguir una serie de objetivos más específicos y concretos que fueron los siguientes:

1. Investigar de manera objetiva el uso real de agrotóxicos en la zona de estudio, independientemente de aquello que se afirma por unos grupos y otros, al respecto.
2. Identificar las problemáticas que los agrotóxicos generan en el medio físico (agua y suelo) y en la biota, principalmente acuática, de la zona de estudio.
3. Cuantificar qué parte de estas problemáticas son achacables al glifosato y sus derivados, por ser éste uno de los principales agrotóxicos de amplio espectro utilizado en el mundo.
4. Investigar, identificar y seleccionar los compuestos sensibles a la presencia de glifosato que sean más interesantes para la fabricación de sensores para la detección de este agrotóxico.
5. Investigar, identificar y seleccionar la tecnología electrónica más interesante para la fabricación de un aparato medidor de la concentración de glifosato.
6. Fabricar el sensor más adecuado a la detección de glifosato.
7. Fabricar el aparato electrónico que, junto al sensor, sea capaz de medir concentración de glifosato.
8. Poner a disposición de las entidades colaboradoras (UNIJUI, AIPAN), el aparato para la cuantificación del glifosato en la zona de estudio.



9. Colaborar con este proyecto en el abaratamiento de los controles y análisis que han de hacerse sobre el glifosato en la región, como consecuencia de la evolución de las normativas en materia de agua y medio ambiente, pues estos análisis tienen en la actualidad costes exorbitantes.
10. Colaborar en el establecimiento de una sistemática de medida del glifosato y el análisis y discusión de los resultados que se vayan obteniendo para poder cuantificar la problemática de este agrotóxicos en la zona de estudio.

Metodología

En primer lugar, se realizó desde la UPV la investigación preliminar conducente a la consecución de los cinco primeros objetivos descritos mediante el estudio de los documentos de que se disponía y los artículos de investigación más relevantes al respecto, así como mediante el contacto directo con las personas implicadas en el proyecto que en aquel momento desarrollaban su vida profesional en el área de estudio. En esta primera etapa se realizó una visita a la zona para la coordinación de las tareas que se desarrollaron a continuación.

Tras la anterior tarea se realizaron labores de desarrollo científico de los sensores más adecuados para detectar el compuesto a analizar y la fabricación del aparato electrónico de medida. Estas tareas se desarrollaron en colaboración, trabajando conjuntamente personal del Departamento de Ingeniería Química y Nuclear y el Dpto. de Ing. Electrónica de la UPV, con la colaboración en la zona de personal del Dpto. de Biología y Química de UNIJUI y de la ONG AIPAN.

Las tareas para el desarrollo del sensor se realizaron mediante la utilización de técnicas electroquímicas avanzadas y electrodeposición de materiales así como también se utilizaron metodologías de fijación de compuestos basadas en otras técnicas alternativas o complementarias.

Las tareas de desarrollo electrónico del aparato de medida se realizaron mediante la aplicación de los conocimientos de electrónica y microelectrónica que el grupo posee, entre las que destacan la microelectrónica híbrida y la tecnología *thick-film*.

Una vez desarrollado un primer prototipo, se realizaron ensayos de comprobación de funcionamiento, para lo cual se compraron o se fabricaron, dependiendo del caso concreto, las muestras patrón sobre las que se realizaron los test del aparato y el sensor diseñado. Así, disponiendo de muestras normalizadas se comprobó la bondad de las medidas que entregaba el aparato y la repetitividad de las mismas. Las concentraciones de las muestras patrón fueron comprobadas por métodos de análisis químico tradicional para ser comparadas con los valores dados por el aparato microelectrónico.

Cuando el número de pruebas realizadas fue suficiente se dio por validado el aparato, pasándose a su prueba en campo.

Trabajos realizados

Las tareas que se desarrollaron para la satisfacción de los objetivos del proyecto fueron las que se describen sintéticamente en el siguiente listado:



Tarea 1. Cuantificación objetiva del uso real de agrotóxicos en la zona de estudio. Esta tarea tuvo una duración total de cuatro meses y consistió en la realización de las labores pertinentes para la satisfacción del objetivo nº1. Esta tarea se basó en la identificación de la situación real del uso de los agrotóxicos en la zona y en particular del glifosato por ser el compuesto herbicida de amplio espectro objeto de estudio. Con todo ello se pretendía de tener una idea clara de la magnitud del uso de estos compuestos para poder tener una base científica sobre la que desarrollar posteriores tareas.

Tarea 2. Identificación de las problemáticas que los agrotóxicos generan en el medio físico (agua y suelo) y en la biota, principalmente acuática, de la zona de estudio. Esta tarea tuvo también una duración total de cuatro meses y consistió en la identificación de las problemáticas medioambientales que se derivan del uso de los compuestos agrotóxicos más importantes y en particular del Glifosato, para satisfacer los objetivos 2 y 3 del proyecto. Estas afecciones ocurren primero en el medio físico (suelo y agua) y posteriormente pasan a la biota. De las afecciones a la biota, interesó especialmente el impacto sobre la fauna acuática por ser uno de los elementos del ecosistema que, según investigaciones previas, más parecía estar expuesto a estos compuestos químicos. Además, también se pretendió identificar cuál de estas afecciones ambientales correspondían a la utilización del Glifosato y cuáles a otros compuestos agrotóxicos.

Tarea 3. Identificación y selección de los compuestos sensibles a la presencia de glifosato que sean más interesantes para la fabricación de sensores para la detección de este agrotóxico. Esta tarea tuvo una duración total de tres meses y persiguió satisfacer el objetivo nº4 del proyecto. En esencia consistió en el estudio en profundidad de las posibles aplicaciones de compuestos químicos en la fabricación de un sensor específico para la detección del glifosato en el medio físico. Esta tarea fue exhaustiva y minuciosa porque de ella dependería la línea en la que se avanzó en posteriores etapas para la fabricación del sensor.

Tarea 4. Identificación y selección de la tecnología electrónica más interesante para la fabricación de un aparato medidor de la concentración de glifosato. Esta tarea también tuvo una duración total de tres meses y consistió en el estudio en profundidad de las posibles aplicaciones electrónicas de utilidad para el desarrollo del aparato de medición de glifosato, para satisfacer el objetivo nº5 del proyecto. Se trataba, en esencia, de estar en disposición de elegir la tecnología más adecuada para el desarrollo que se deseaba fabricar.

Tarea 5. Fabricación del sensor más adecuado para la detección de glifosato. Esta tarea tuvo una duración total de tres meses y consistió en utilizar la metodología electroquímica más adecuada decidida en la tarea nº3 para desarrollar un sensor específico para el glifosato, que pudiera unirse posteriormente al aparato electrónico que fue construido en la tarea siguiente. Con esta tarea se satisfizo el objetivo nº6 del proyecto.

Tarea 6. Fabricación del aparato electrónico más adecuado para la detección de glifosato. Esta tarea tuvo una duración total de doce meses y fue de largo la más compleja de todas. Con esta tarea se pudo satisfacer el objetivo nº7 del proyecto y consistió en la utilización de la metodología electrónica más interesante, decidida en la tarea nº4, para la construcción de un aparato de medida del glifosato que pudiera funcionar conjuntamente con el sensor desarrollado.



Tarea 7. Puesta a disposición del personal de la zona de estudio del aparato y sensor de medición de glifosato desarrollado. Esta tarea, con tres meses de duración, nos permitió satisfacer los objetivos nº8 y nº9 mediante la puesta a disposición del personal de UNIJUI y de la ONG AIPAN del conocimiento tecnológico y del instrumental necesario para utilizar una réplica del aparato y sensor desarrollados y que fuera así posible su utilización *in situ*.

Tarea 8. Colaboración en el desarrollo de las campañas de medida que permitan conocer el estado del glifosato en la zona, su presencia y concentración. Por último, esta tarea (Objetivo nº10), consistió en la colaboración con el personal de UNIJUI y de la ONG AIPAN, en el desarrollo de medidas *in situ* por parte del personal en la zona y facilitar por tanto la cuantificación de manera sistemática y económicamente asumible, de la presencia de glifosato en el ecosistema de la zona. Esta última tarea se realizó a distancia, lo que no impidió el adecuado asesoramiento en el funcionamiento y sistematización de las medidas allí programadas.

RESULTADOS

A modo de síntesis general de los resultados del proyecto, debe destacarse que éstos fueron muy satisfactorios. En primer lugar, porque el proyecto consiguió el objetivo general y altruista de colaborar activamente en la minimización de un problema que se enmarca dentro de los ODM marcados por las NNUU y en concreto dentro del primero de ellos, relativo a la erradicación del hambre y la pobreza en el planeta. Es bien sabido que la agricultura, como actividad del sector primario, es base fundamental para la alimentación del ser humano en el planeta y, más concretamente, para la obtención de proteína económica que contribuya a la consecución del primero de los ocho ODM. Ahora bien, esto no puede realizarse a cualquier precio y el control de los agrotóxicos que se utilizan en esta actividad es un trabajo –en nuestra opinión– fundamental, y lo es, en especial, por el hecho de haber podido colaborar en su cuantificación y control en una de las zonas agrícolas del planeta donde más se aplican.

Además, desde un punto de vista más centrado en la ciencia, este proyecto de investigación generó como resultado la incorporación de las tecnologías de medición desarrolladas mediante el sensor electroquímico y el aparato electrónico de medida al potencial tecnológico y de investigación de la Universitat Politècnica de València. El aparato diseñado consistió en un sensor formado por un conjunto de barras de distintos metales nobles (Au, Pt, Rh, Ir) y no nobles (Ag, Cd, Co, Ni) conectados mediante cable a un aparato capaz de generar señales voltamétricas en el rango (-2V, +2V) y que contenía un microcontrolador capaz de contener un modelo matemático que relacionaba las respuestas eléctricas con sus correspondientes concentraciones del producto a cuantificar. El aparato diseñado es capaz de substituir, en determinados campos y condiciones de trabajo, a las técnicas tradicionales de análisis de laboratorio, lentas, caras y que requieren mano de obra especializada. Por el contrario, el diseño desarrollado demostró ser rápido, fiable, económico e *in situ*, por lo que se presenta como una alternativa a los métodos tradicionales en una amplia variedad de campos.

El hecho de haber podido diseñar, construir y desarrollar este y otros equipos de medida de parámetros de calidad ambiental en la propia universidad, hizo que fuera innecesaria la búsqueda de esta tecnología fuera de nuestras fronteras y, como se esperaba, provocó un importante aumento en el interés de distintos grupos de investigación (telecomunicación, tecnología de alimentos, biotecnología y medicina, medioambiente, etc.) por estos



aparatos y sus posibles utilidades futuras. Actualmente ese interés está permitiendo mantener interesantes colaboraciones con grupos de investigación propios (UPV) y de otras universidades obteniendo muy interesantes resultados.

Por otra parte, considerando el aspecto de la productividad investigadora del grupo en el ámbito de la investigación universitaria, los resultados obtenidos de la investigación realizada fueron ampliamente difundidos mediante la presentación de ponencias a congresos científicos internacionales (ISIE-IEEE, INTED y Simposio de Engenharia) y la publicación de tres artículos en distintas revistas de alto impacto indexadas como son: Sensors and Actuators B, Talanta y Sensors.

Congresos

En relación a los congresos en los que se tuvo oportunidad de participar gracias al proyecto de Cooperación que se describe, destacan particularmente por su relevancia los siguientes:

IV Simpósio de Engenharia de Produção do Centro Universitário de Brusque-UNIFEBE, celebrado en el Centro Universitario de Brusque en Santa Catarina, Brasil en fecha de 10 de mayo de 2010. En este congreso se realizó una ponencia con el título *Voltametria para a Gestão e Controla da Qualidade da Água e dos Alimentos* y una duración de dos horas.

Inted 2012 - International Technology Education and Development Conference, celebrado en Valencia la primera semana de marzo de 2013 y en el que se presentaron dos comunicaciones escritas y sus correspondientes posters.

- El primer trabajo publicado se tituló *Interchanging experiences of students' research tasks in higher education. The case of UPV (Spain)-UNIJUI (Brazil) collaboration in pesticide detection in water bodies*.
- El segundo de los trabajos realizados llevaba el título de *An experience of Spain-Brazil collaboration in designing and developing a new postgraduate program in environmental impact assessment*. De este congreso derivaron posteriormente dos publicaciones (*abstracts y proceedings*) con ISBN y difusión internacional.

Artículos en Revistas de alto impacto

En cuanto a los artículos publicados en revistas de alto impacto es interesante destacar tres de ellos por su particular relevancia en el ámbito científico:

La primera de estas publicaciones se realizó para la revista *Sensors and Actuators B-Chemical* y fue publicada en su volumen 10 del año 2012 en las páginas 528 a 536. El título del artículo fue *Glyphosate detection by voltammetric techniques. A comparison between statistical methods and an artificial neural network*, y fue firmado por una parte muy representativa del equipo de trabajo del proyecto: Nicolás Laguarda-Miro, Francesca Werner Ferreira, Eduardo García-Breijo, Javier Ibáñez-Civera, Luis Gil-Sánchez y José Garrigues-Baixauli. En esta publicación se hizo una muy interesante aproximación a la problemática del proyecto y a la potencialidad de las técnicas voltamétricas como instrumento para la detección de estos compuestos en medio acuoso. Además, se planteó la posibilidad de utilizar las redes neuronales artificiales para preparar los modelos de identificación y cuantificación de agrotóxicos en aguas.



La segunda de las publicaciones en revistas de alto impacto fue realizada para la revista *Sensor-Based Technologies and Processes in Agriculture and Forestry*, bajo el título: *Glyphosate detection by means of a voltammetric electronic tongue and discrimination of potential interferents*, en su volumen 12 del año 2010 en las páginas 17.553 a 17.568 y fue firmado por Román Bataller, Inmaculada Campos, Nicolas Laguarda, Miguel Alcañiz, Juan Soto y Ramón Martínez-Mañez. Esta publicación planteó la interesante problemática de la presencia de interferentes en los procesos de medición descritos en el artículo anterior. Estas interferencias fueron adecuadamente resueltas mediante técnicas estadísticas complejas que permitieron el desarrollo de modelos matemáticos fiables.

La tercera de las publicaciones fue una evolución de las dos anteriores y fue enviada para su publicación en la revista *Talanta* bajo el título *Glyphosate detection with ammonium nitrate and humic acids as potential interfering substances by pulse voltammetry technique* en su volumen 115 del año 2013 en las páginas 702 a 705, y fue firmado por Pablo Martínez Gil, Nicolas Laguarda-Miro, Juan Soto Camino y Rafael Masot Peris. Esta tercera publicación resolvió definitivamente la problemática de los interferentes más habituales al Glifosato en agua como son los humus y algunos nitratos. Los ensayos realizados y el modelo predictivo obtenido, fueron lo suficientemente repetitivos y robustos como para sugerir esta metodología como la más adecuada para el seguimiento, identificación y cuantificación de agrotóxicos en medio acuoso.

En cuarto y último lugar, atendiendo al aspecto académico, dentro del marco de este proyecto de cooperación se pudieron realizar cinco proyectos Final de Carrera y un capítulo de una Tesis Doctoral.

Proyectos Final de Carrera

El primero de los cinco Trabajos Final de Carrera (TFC) presentados en el ámbito de este Proyecto de Cooperación, fue desarrollado por el alumno Christian Cháfer Tormo con el título *Alternativa a la detección del herbicida glifosato mediante voltametría de pulsos para el estudio de su problemática ambiental* y defendido en abril de 2011, obteniendo una calificación de Sobresaliente (9'7). Este TFC expuso el planteamiento de la problemática general de los agrotóxicos y las posibilidades de identificación y cuantificación de manera alternativa.

En paralelo a este primer proyecto, el alumno Alberto Juárez Ginestar desarrolló el TFC titulado *Modelizado de la respuesta voltamétrica ante variaciones de potencial mediante fraplus con diferentes electrodos y pulsos eléctricos del pesticida glifosato en varias concentraciones y estudio de los efectos en seres humanos*; que fue oportunamente defendido en septiembre de 2011 y calificado con un Sobresaliente (9'7). El trabajo de Alberto sirvió para confirmar la validez de las técnicas electroquímicas en la identificación y cuantificación de sustancias agroquímicas en medio acuático.

Unos meses más tarde, en octubre de 2011, el alumno Diego Alberola presentó y defendió públicamente el TFC titulado *Determinación de la calidad de aguas de riego en el ciclo del arroz en su salida a la Albufera: Identificación y cuantificación de parámetros físicos, químicos y biológicos y herbicidas*. Este trabajo obtuvo una calificación de Sobresaliente (9'5) y planteó el estado del arte de la identificación y cuantificación de agrotóxicos en el territorio valenciano y, particularmente, en L'Albufera de Valencia, confirmando la necesidad del desarrollo de técnicas fiables, robustas y sencillas alternativas a las actuales.



Con posterioridad, en septiembre de 2012, Pablo Martínez Gil expuso y defendió públicamente su TFC titulado *Estudio de la validez de un nuevo método de detección y cuantificación de glifosato en medio acuoso mediante técnicas voltamétricas*, que fue calificado con un Sobresaliente (9'8). Este trabajo sirvió de base para la confirmación de ausencia de interferencias en la medida electroquímica de Glifosato con algunos de los compuestos más habituales en agua.

También, en septiembre de 2013, el alumno Vicente Císcar Martínez culminó su TFC titulado *Modelización de la respuesta voltamétrica de herbicida glifosato, a distintas concentraciones, ante variaciones de potencial mediante uso de fraplus mini y estudio de su aplicación industrial*, con una calificación de Sobresaliente (9'5). Su excelente trabajo planteó la viabilidad de la aplicación a escala industrial de este tipo de técnicas y su particular interés y aplicabilidad en el ámbito del control de calidad de aguas contaminadas por herbicidas.

Capítulo de Tesis Doctoral

Por último, la relevancia del Proyecto de Cooperación desarrollado fue tal, que permitió el desarrollo de un capítulo completo de la Tesis Doctoral del Prof. Miguel Alcañiz Fillol, que lleva por título *Diseño de un sistema de lengua electrónica basado en técnicas electroquímicas voltamétricas y su aplicación en el ámbito agroalimentario*; y fue defendida públicamente en 2011 con calificación SOBRESALIENTE CUM LAUDE.

VALORACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO

La participación en el diseño y desarrollo de este proyecto ha de ser valorada como muy satisfactoria. No podría ser de otra manera habida cuenta de que los objetivos propios del proyecto se han alcanzado en su totalidad y los resultados finales obtenidos han superado de largo a los previstos inicialmente. Además, ha habido todo un conjunto de ámbitos en los que la realización del proyecto ha permitido interesantes actuaciones que han revertido en resultados adicionales al mismo muy enriquecedores.

Algunos de los ámbitos en los que se ha realizado acciones adicionales al proyecto han sido el ámbito académico, el investigador, el de difusión de resultados y el establecimiento de contactos con personalidades.

Ámbito académico

En primer lugar, en lo relativo al ámbito académico, la realización del proyecto sirvió de base para la colaboración activa en el diseño, programación e impartición de un Curso de Posgrado en la Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-UNIJUI, que llevó por título *Curso de Extensão em Avaliação de Impactos Ambientais*. Los objetivos del curso fueron conocer los marcos legislativos brasileño y europeo en materia de evaluación de impacto ambiental, tener una noción de los principales instrumentos técnicos y legales de gestión y evaluación ambiental, comprender los fenómenos derivados de los principales impactos ambientales que el hombre genera en el planeta y capacitar a los alumnos para su desarrollo profesional en las áreas de la gestión ambiental y los sistemas de auditoría ambiental así como en la redacción de estudios de impacto ambiental. El curso fue ofrecido con 40 plazas que se llenaron en su totalidad e incluso en algunas actividades se sumaron alumnos de otros cursos y grados, con lo que el seguimiento fue masivo.

Figura 2. Vista de (a) campus de UNIJUI en Ijuí donde se desarrolló el proyecto y el programa de postgrado y (b) laboratorio de análisis de agrotóxicos.



A)



B)

La estructura del curso consistió en cuatro grandes bloques temáticos de base teórica: (1) Generalidades; (2) Estructura de los principales documentos ambientales; (3) Impactos ambientales más destacables en suelo, agua aire y biota; y, por último, (4) Impactos de los principales tipos de proyectos de construcción. Además, un quinto bloque de tipo práctico les permitió desarrollar un estudio de impacto ambiental conforme fueron transcurriendo las distintas actividades prácticas de los bloques temáticos anteriormente descritos.

En este sentido, la valoración del curso fue excelente. Todos los actores implicados quedaron muy satisfechos con el mismo (alumnos y personal de UNIJUI y de la UPV) y existe el firme propósito de repetir la experiencia en años próximos, dotándolo de un presupuesto económico y una continuidad en el tiempo.

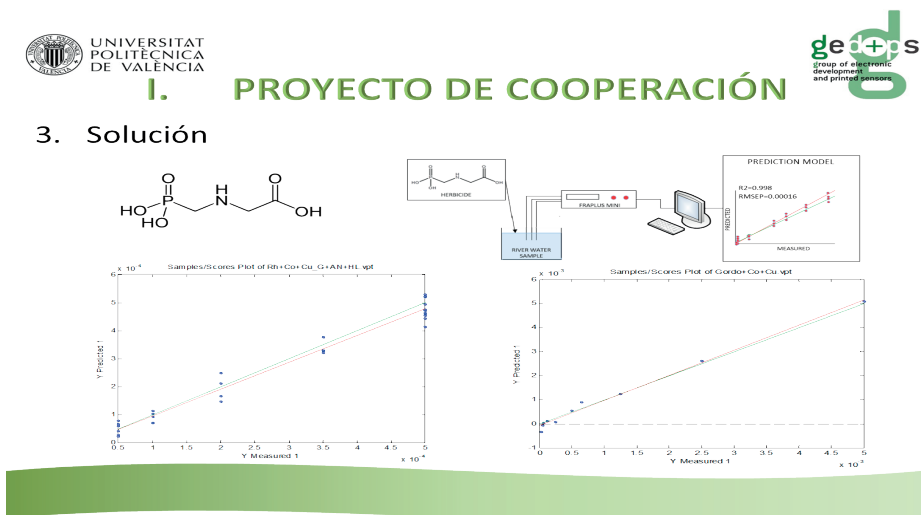
Difusión de resultados

El desarrollo del proyecto también permitió una valoración muy positiva de la difusión de resultados, no sólo del propio proyecto sino también de las tareas investigadoras y docentes en las que el personal que participó se encuentra involucrado. En este sentido, una de las cosas que más llamó la atención fue el enorme interés que despertó en la zona la tecnología en la que basamos el proyecto. Este interés dio pie a participar, por invitación, en varios actos de divulgación científica y cultural. Entre ellos destaca el congreso de Brusque-SC (Brasil) que, bajo el título genérico de *IV Simpósio de Engenharia de Produção*, acogió nuestra conferencia *Voltametría para a Gestão e controle da Água e dos Alimentos*. El acto vino precedido de mucha expectación, la sala de congresos se encontraba llena e incluso asistió el propio Rector de la UNIFEBE-Centro Universitário de Brusque, en Santa Catarina, lugar donde se celebró el congreso. La conferencia transcurrió con normalidad. Lo que ya no fue tan normal fue la enorme solicitud de turno de palabra (empezando por el propio Rector) para realizar preguntas. Tanto fue así que la siguiente ponencia tuvo que ser retrasada e incluso una vez terminada la comunicación, seguimos atendiendo preguntas y debatiendo con los asistentes, en una sala contigua, sobre la tecnología aplicada y sus potenciales usos, aspectos sobre investigadores en Europa e incluso sobre temas de cultura y sociedad de Valencia y de España que les interesaban enormemente. Lógicamente, la



conferencia fue un éxito y así se vio reflejado en las numerosas felicitaciones recibidas y en las notas de prensa posteriores al Simposio.

Figura 3.- Graphical Abstract utilizado en la difusión de resultados en congresos y comunicaciones.



Por otra parte, la presencia de un profesor de la UPV en UNIJUI no pasó desapercibida en los medios locales de comunicación, y así se publicaron dos noticias en diarios de Ijuí, comunicando la finalidad de la visita y parte de la programación que se iba a realizar.

Además, se concedieron dos entrevistas en programas de radio locales (Radio UNIJUI), donde se tuvo ocasión de destacar el interés del proyecto que se estaba realizando y las actividades en las que el personal de la UPV se encuentra involucrado tales como docencia, investigación, cooperación al desarrollo y gestión universitaria.

Ámbito Investigador

Desde el punto de vista de la investigación, la realización del proyecto también tuvo una valoración excelente. Los resultados en términos de publicaciones de alto impacto y comunicaciones en congresos anteriormente detallados, por sí solos, ya constituyen un fantástico bagaje. Pero la rentabilidad del proyecto no acabó ahí. Los contactos con personalidades de universidades e instituciones de la región, así como con el alumnado, la sociedad Ijuicense en general y el entorno socio ambiental local, permitieron adquirir una visión de conjunto de la realidad social, económica, educativa, sanitaria, agroalimentaria y medioambiental. Lo que permitió proponer diversas líneas de trabajo conjunto y plantear colaboraciones para un futuro inmediato más allá del presente proyecto.

En este sentido, una de las líneas de investigación que surgió de manera más inmediata como propuesta común de colaboración fue la de identificación, estudio y mitigación de los principales problemas ambientales presentes en la región. La propuesta fue acogida por todos de manera muy positiva y enseguida se creó un grupo de trabajo para su inicio.

Como resultado de los breves trabajos iniciales, pudo concluirse que existen al menos cuatro grandes problemáticas ambientales de tipo local en la zona interior del estado de Rio Grande do Sul y en particular en el ámbito local de Ijuí:

1. El cultivo masivo de especies agrícolas de origen transgénico.
2. La eliminación de cubierta vegetal arbórea y la consiguiente degradación del suelo.
3. La contaminación de los ríos y otras masas de agua.
4. El uso indiscriminado de agrotóxicos en las tareas agrícolas.

Figura 4. Cuatro imágenes representativas de los impactos principales en el interior del Estado de Río Grande do Sul.



Dada la flexibilidad de la tecnología aplicada en el caso del proyecto desarrollado, se concluyó que se realizarían estudios preliminares para comprobar la viabilidad de la aplicación de la variante electroquímica más adecuada para cada uno de los restantes problemas ambientales locales citados.

Por otra parte, líneas de investigación relativas al control de distintos cultivos (soja, maíz y colza), así como al control de la calidad de aguas en ríos y embalses de la Región, fueron comentadas y preliminarmente estudiadas, aunque todavía no se ha tenido la oportunidad de ponerlas en marcha.

Ámbito Institucional

Por último, el ámbito institucional fue otro de los campos en los que la realización del proyecto generó una valoración más positiva. Debido a que -lamentablemente- el intercambio académico Europa-Brasil (profesores y alumnos) es más frecuente con



universidades brasileñas de costa, que no con las de interior, la presencia de miembros de la comunidad universitaria europea en universidades del interior del Estado, como es el caso de UNIJUI, no es todo lo frecuente que podría ser, si se mide en términos de potencial institucional de esta universidad (que es la entidad universitaria de referencia en la región). Por ello, la presencia de personal de la UPV generó un considerable interés, produciéndose encuentros y entrevistas con personal muy diverso: autoridades locales como el prefecto de la ciudad, el rector de la Universidad, profesores de referencia como Francesca Werner Ferreira (biología y ecología), Leonir Uhde, Sandra Fernández y Roberto Carbonera (agronomía), Daniel Cenzi (Derecho ambiental) y también personal de otras universidades como Luizildo Pitol (Ingeniería Química-UNIFEBE).

Todos y cada uno de ellos mostraron un insistente interés en formalizar relaciones institucionales entre sus respectivas entidades y la UPV. Este interés, finalmente se plasmó en la firma de dos importantes convenios de colaboración con las universidades de UNIJUI y la Universidad Católica de Santa Catarina (Brasil) en materia de colaboración interinstitucional en los campos investigador y docente.

Por último, como consecuencia de estas relaciones institucionales, recientemente (diciembre 2014) se recibió en la UPV la visita de dos profesores y una estudiante de UNIJUI. Esta visita sirvió para mantener diversas reuniones y ha permitido estrechar lazos en materia de colaboración interuniversitaria. Actualmente existen interesantes proyectos activos con esta Universidad en los ámbitos de la investigación, la docencia y la coordinación de títulos a ambos lados del atlántico.

CONCLUSIONES

El proyecto *Identificación y Cuantificación de la Problemática del Uso de Agrotóxicos para Cultivos Transgénicos en la Bahía del Río Uruguay (Rio Grande do Sul-Brasil)*, ha permitido conocer la problemática de los agrotóxicos en la región, así como proponer soluciones de mejora en el control y gestión del glifosato, por ser éste uno de los agrotóxicos de amplio espectro más utilizados en el planeta y el más usado en la región.

El estudio de técnicas alternativas de base electroquímica permitió seleccionar la voltametría como técnica más adecuada y sensores basados en un conjunto de distintos metales nobles y no nobles como sistema de captación de señal. Los ensayos de laboratorio y de campo realizados permitieron seleccionar los electrodos de cobre y cobalto para trabajar con ellos al resultar los más sensibles a la presencia de glifosato en agua.

La construcción de un sistema electrónico que comprendiera el control, los sensores y el modelo matemático para traducir la respuesta eléctrica en concentración de glifosato en agua, permitió poner a disposición de las entidades colaboradoras un método de identificación y cuantificación económico, robusto y fiable.

Por último, la realización del proyecto descrito no es un punto y final en la colaboración entre la UPV y las contrapartes (UNIJUI y AIPAN y otras entidades) sino un elemento catalizador de propuestas y líneas de desarrollo conjuntas que están tomando forma y se espera que den resultados en un futuro próximo.



Agradecimientos

Sirvan estas últimas líneas para reconocer, en forma de agradecimiento, la labor realizada por el Centro de Cooperación al Desarrollo de la UPV y, de manera particular, la convocatoria de becas ADSIDEO-Cooperación 2010 en la que este proyecto fue seleccionado.

Nuestro reconocimiento y agradecimiento también a la Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-UNIJUI, por la colaboración, el interés y en particular por su implicación en el proyecto y espléndida acogida de nuestras ideas.

También se desea reconocer y agradecer la inestimable colaboración de la Profa. Dra. Francesca Werner Ferreira y de la familia Uhde-Scortegagna (Paulo, Leonir y Luiza) sin las que este proyecto no hubiera sido posible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accinelli, C., Screpanti, C., Vicari, A., Catizone, P. (2004). Influence of insecticidal toxins from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* on the degradation of glyphosate and glufosinate-ammonium in soil samples. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103(3): 497-507. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2003.11.002>
- Aquino, S., De Andrade, A.R. (2009). Electrooxidation of glyphosate herbicide at different DSA compositions: pH, concentration and supporting electrolyte effect. *Electrochimica Acta*, 54: 2039–2045. <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2008.07.019>
- Bitencorte, C. (2009). *Água que vem, Água que vai...*. Ijuí: Ed. UNIJUI, pp. 192.
- Bitencorte, C. (2009). *Navegando pela bacia Hidrográfica dos Rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo*. Ijuí: Ed. UNIJUI, pp. 112.
- Bitencorte, C., Maria, C. (2009). *Nascente: Água que Brota da Terra*. Ijuí: Ed. UNIJUI, pp. 56.
- CIA. (2010). *The CIA WorldFact Book*. US Central Intelligence Agency. Online Publication. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2006). *DIRECTIVA 2006/60/CE DE LA COMISION de 7 de julio de 2006 que modifica los anexos de la Directiva 90/642/CEE del Consejo por lo que respecta a los límites máximos de residuos de trifloxistrobin, tiabendazol, abamectina, benomilo, carbendazima, tiofanato-metil, miclobutanil, glifosato, trimetilsulfonio, fenpropimorf y cloromequat*. Diario Oficial de la Unión europea, 206, pp. 11.
- Chiu, H.Y., Lin, Z.Y., Tu, H., Whang, Ch. (2008). Analysis of glyphosate and aminomethylphosphonic acid by capillary electrophoresis with electrochemiluminescence detection. *Journal of Chromatography A*, 1177: 185–198. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2007.11.042>
- Coutinho, C.F.B., Silva, M.O., Calegari, M.L., Machado, S.A.S., Mazo, L.H. (2007). Investigation of copper dissolution in the presence of glyphosate using hydrodynamic voltammetry and chronoamperometry. *Solid State Ionics*, 178: 161-164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssi.2006.10.027>
- Coutinho, C.F.B., Coutinho, L.F.M., Mazo, L.H., Nixdorf, S.L., Camara, C.A.P. (2008). Rapid and direct determination of glyphosate and aminomethyl phosphonic acid in water using anion-exchange chromatography with coulometric detection. *Journal of Chromatography A*, 1208: 246-249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2008.09.009>
- Dow Chemical (1999). Hoja de manejo seguro. *Estelar 480 SL*.



- FAO Catalogue. (2009). El estado de La inseguridad alimentaria en el mundo. Crisis Económicas: repercusiones y enseñanzas extraídas. Ed. *Food and Agriculture Organization*. Roma, pp. 66.
- Hüller (2010). Gestão Ambiental nos Municípios. Instrumentos e experiências na Administração Pública. Santo Ângelo: Ed. FURI, pp. 248.
- Jin, J., Takahashi, F., Kaneko, T., Nakamura, T. Characterization of electrochimiluminiscence of tris (2,2'-bipiridine)ruthenium (II) with glyphosate as coreactant in aqueous solution. *Electrochimica Acta*, 55: 5532–5537.
- Khenifi, A., Derriche, Z., Forano, C., Prevot, V., Mousty, C., Scavetta, E., Ballarin, B., Guadagnini, L., Tonelli, D. (2009). Glyphosate and glufosinate detection at electrogenerated NiAl-LDH thin films. *Analytica Chimica Acta*, 654(2): 97–102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2009.09.023>
- MDG Report. (2010). Millenium Development Goals. 2010 Report. New York: Ed. Dept. of Economic and Social Affairs. United Nations, pp. 80.
- Méndez, M.A., Suárez, M.F., Cortés, M.T., Sarria, V.M. (2007). Electrochemical properties and electro-aggregation of silvercarbonate sol on polycrystalline platinum electroda and its alactrocatalytic activity towards glyphosate oxidation. *Electrochemistry communications*, 9: 2585-2590. <http://dx.doi.org/10.1016/j.elecom.2007.08.008>
- Ministerio de la Presidencia. (2007). Orden PRE/876/2007 de 30 de Marzo por la que se modifican los anexos II de los Reales Decretos 569/1990 de 27 de abril y 280/1994 de 18 de febrero, por los que se establecen los límites máximos de residuos plaguicidas y su control en determinados productos de origen animal y vegetal, respectivamente. Boletín Oficial del Estado, 83, pp. 37.
- Sánchez-Bayo, F., Hyne, R.V., Desseille, K.L. (2010). An amperometric method for the detection of amitrole, glyphosate and its aminomethyl-phosphonic acid metabolite in environmental waters using passive samplers. *Analytica Chimica Acta*, 675: 125-131. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2010.07.013>
- Sierra, E.V., Méndez, M.A., Sarria, V.M., Cortés, M.T. (2008). Electrooxidation of glyphosate on nickel and copper electrodes. *Quimica Nova*, 31.
- Songa, E.A., Arotiva, O.A., Owino, J.H.O., Jahed, N., Baker, P.G.L., Iwuoha, E.I. (2009). Electrochemical detection of glyphosate herbicide using horseradish peroxidase immobilized on sulfonated polymer matrix. *Bioelectrochemistry*, 75:117-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bioelechem.2009.02.007>
- UN General Assembly. (2010). Draft Resolution Referred to the High Level Plenary Meeting of the General Assembly at its Sixty-Fourth session. United Nations. Sept 2010, pp 32.
- WHO & FAO Report. (2006). Pesticide Residues in Food 2006. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Ed. WHO & FAO. Rome, pp. 400.
- World Bank. (2010). World Development Indicators. Washington: Ed. The World Bank Group, pp. 488.



DISEÑO DE SISTEMAS DE COMBUSTIÓN A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA USO EN PAÍSES EN VÍAS DESARROLLO, OPTIMIZANDO LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA Y LAS PROPIEDADES PUZOLÁNICAS DE LA CENIZA OBTENIDA EN LA COMBUSTIÓN PARA SU USO EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN NO CONVENCIONALES

José María Monzó Balbuena¹, Angel Pérez-Navarro Gómez²,
Jordi Payá Bernabeu¹, M^a Victoria Borrachero Rosado¹,
Lourdes Soriano Martínez¹, David Alfonso Solar², Elisa Peñalvo López²,
Miguel Moliner Beato², Mercedes Bonilla Salvador¹,
Ana Mellado Romero¹, Mauro Tashima¹, Carlos Vargas Salgado²,
Silvio Delvasto Arjona³, Michel Ángel Ospina Gúzman⁴,
Rosana Méndez Mutschler¹, Daniel Alveiro Bedoya Ruiz⁵,
Javier García Martí¹ y María del Carmen Vidal Tamarit

(1) Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH). Universitat Politècnica de València

(2) Instituto de Ingeniería Energética (IIE). Universitat Politècnica de València

(3) Profesor Titular. Universidad del Valle. Cali. Colombia

(4) Director de I+D. Arrocera La Esmeralda S.A. Colombia

(5) Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales

(6) Responsable de Innovación Maicerías Españolas S.A., DACSA. España

RESUMEN

Se han determinado los parámetros de combustión de residuos agrícolas para optimizar el rendimiento energético y estudio de las propiedades puzolánicas de las cenizas para su uso en mezclas con cemento portland y/o cal, elaborando materiales de construcción prefabricados de bajo coste económico y medioambiental para países en vías de desarrollo. Se obtiene el mayor grado de amorficidad y carácter puzolánico para muestras de ceniza de maíz y cáscara de arroz, con marcada influencia de la temperatura de combustión y el tiempo de residencia. Se utilizaron cenizas de cascarilla de arroz de las empresas Maicerías Españolas (DACSA) y Arrocera La Esmeralda de Colombia y se prepararon bloques y tejas con mezclas cal-ceniza de cáscara de arroz. Los bloques cumplen la normativa europea vigente, pero las tejas presentan una carga a flexión por debajo del mínimo exigido, por lo que para el uso en tejas sería necesario utilizar fibras o bien mezclas cemento portland-ceniza de cascara de arroz, eliminando la cal



de la dosificación. Se obtuvieron buenos resultados en tejas para un 70% en peso de cemento portland y un 30% de ceniza de cáscara de arroz. Se ha desarrollado un proyecto multidisciplinar que ha sido abordado por investigadores del Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH) e Instituto de Ingeniería Energética (IIE), ambos pertenecientes a la Universitat Politècnica de València (UPV) y también de las universidades colombianas Universidad del Valle, en Cali y Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos venimos observando un crecimiento continuo de la población mundial, que se concentra fundamentalmente en las ciudades. En 1800 la población urbana representaba el 2% de la población mundial, en la actualidad la población urbana supone casi la mitad de la población mundial. En 1950, tan sólo Nueva York superaba los 10 millones de habitantes, en el año 2000, 19 ciudades superaban los 20 millones de habitantes (Durand *et al.*, 2008) de los cuales una buena parte reside en viviendas precarias, situadas en barrios marginales, que carecen de los servicios mínimos para llevar una vida digna (ONU-HABITAT, 2005).

Una parte fundamental en la construcción de viviendas seguras la constituyen los materiales de construcción, que suponen alrededor del 50% del coste total, pudiendo incrementarse hasta el 100% en los proyectos de autoconstrucción realizados con los estratos más pobres de población (HABITAT, 1985; Berhane, 1987).

Los materiales de construcción se pueden clasificar en: (a) materiales convencionales, que son producidos a nivel doméstico a partir de los materiales importados o bien importados como productos acabados. En muchas ocasiones se utilizan sin ser apropiados para el uso elegido y son considerados como materiales populares, presentando en la mayoría de los casos precios prohibitivos. Entre este tipo de materiales se encuentra el ladrillo, el hormigón, el acero, el vidrio, etc.; (b) materiales tradicionales como la tierra, la paja, el bambú y la piedra, que son producidos a pequeña escala y con tecnologías rudimentarias. En ocasiones presentan bajas prestaciones y son considerados como materiales impopulares; (c) y materiales no convencionales o innovadores, con los que se intenta mejorar las propiedades de los materiales tradicionales mediante investigación y desarrollo. El problema fundamental que presentan es su producción a nivel de laboratorio o a pequeña escala y su bajo impacto en el mercado de la construcción. El reto para los materiales innovadores pasa por obtenerlos a partir de fuentes locales, que sean accesibles para la población de bajos ingresos y que satisfagan las necesidades constructivas de la mayoría de la población (Day, 1992).

El coste del cemento portland es alto debido a sus elevados costes energéticos y de transporte (en África cada 250 km. se duplica el precio) y a los sobrecostes debidos a factores no técnicos. A pesar de sus elevados costes, el cemento portland se usa inadecuadamente en muchos casos, sobre todo cuando se requieren bajas resistencias mecánicas, como en cimentaciones, morteros de recubrimiento y estabilización de suelos. Se estima que tan sólo el 20% de los usos del cemento son técnicamente adecuados.

Una buena parte del uso del cemento portland se debe al "prestigio social" que se cree que supone la imitación de comportamientos de los estratos más altos y del mundo desarrollado. Existe poca confianza en el uso de los materiales innovadores a gran escala, sobre todo por el desconocimiento de los mismos.



Las puzolanas son materiales inorgánicos (silíceos o silicoaluminosos), ya sean naturales o artificiales, que se endurecen en agua al ser mezclados con hidróxido cálcico o con materiales que puedan liberarlo, tales como el cemento portland. Las puzolanas pueden reemplazar cantidades significativas de cemento portland en morteros y hormigones, incluso hasta el 50%, dependiendo del tipo de puzolana y del tipo de uso que se le vaya a dar al mortero o al hormigón que contenga la puzolana. Las puzolanas podrían también utilizarse mezclándolas directamente con cal, sin necesidad de utilizar cemento portland, si bien en estos casos las resistencias mecánicas obtenidas serían inferiores, aunque ello no impediría su utilización para diversos usos (bloques, cimientos, etc.). Una buena parte de los materiales puzolánicos, son subproductos de procesos agrícolas o industriales, que son producidos en grandes cantidades, constituyendo en muchos casos un verdadero problema de gestión ambiental de los mismos (Payá *et al.*, 1999, 2001, 2007; Monzó *et al.*, 1996, 1999, 2003). Aún en el caso de que la incorporación de las puzolanas a los hormigones no supusiese una serie de ventajas técnicas y económicas, que sí las supone, tan sólo este aspecto medioambiental justificaría su uso. En comparación con el cemento portland, estos materiales puzolánicos, contribuyen a una reducción de costes, económicos y ecológicos, mejorando en la mayoría de los casos la calidad del producto final (Day, 1992).

Como indicábamos anteriormente, una parte significativa de los materiales puzolánicos se obtienen a partir de los residuos agrícolas. Una vez se ha producido la combustión de estos residuos agrícolas, se generan unas cenizas, que puede presentar carácter puzolánico. Este comportamiento puzolánico de las cenizas dependerá de dos factores fundamentales: la composición química y el grado de amorficidad de la muestra. Este último factor depende de la temperatura alcanzada en la combustión, del tiempo de permanencia de la ceniza a la mencionada temperatura y de la velocidad de enfriamiento. Estos parámetros condicionarán el grado de amorficidad de la ceniza, que es un factor clave en el carácter puzolánico de las cenizas (a mayor grado de amorficidad, para una composición química determinada, mayor carácter puzolánico).

Teniendo en cuenta estos aspectos, se deberían optimizar los parámetros de combustión de los residuos agrícolas con el fin de optimizar el rendimiento energético, a la vez que pudieran obtenerse cenizas con un buen carácter puzolánico para ser empleadas en mezclas con cal y/o cemento portland, que permitiese la elaboración de materiales de construcción no convencionales de buena calidad y de bajo coste económico (se reduce el contenido en cemento portland que es muy costoso en los países en vías de desarrollo) y ecológico (se gestiona un residuo agrícola de forma adecuada, evitando problemas de contaminación).

Desde hace bastantes años se viene investigando por una parte en las propiedades de las puzolanas obtenidas a partir de la combustión de residuos agrícolas y, por otra parte, en el diseño de hornos, calderas, cocinas, etc., para el aprovechamiento energético de la combustión de estos residuos agrícolas. Entendemos que en adelante las investigaciones deberían aunar ambos propósitos, apoyándose en equipos multidisciplinares, con el fin de optimizar el aprovechamiento energético de la combustión de los residuos agrícolas con un diseño adecuado, a la vez que se tiene en cuenta los parámetros que condicionan la obtención de una ceniza con buenas propiedades puzolánicas. Los resultados de estas investigaciones, que hasta ahora se han realizado sin un trabajo conjunto de investigadores de distintas áreas de conocimiento, se plasmarían en el desarrollo de una tecnología apropiada, de uso preferente en los países en vías de desarrollo. Por un lado, se facilitaría la obtención de energía con un bajo coste económico (combustión de un residuo agrícola)



y, por otro lado, se obtendría una puzolana que abarataría el coste de los materiales de construcción y mejoraría sus propiedades, facilitando la creación de microempresas.

Para abordar con garantías de éxito un proyecto de estas características se requeriría de un equipo multidisciplinar, con experiencia en ingeniería energética y en materiales de construcción no convencionales.

El objetivo general del proyecto se centra en el estudio de los sistemas de combustión existentes que utilicen como combustible residuos agrícolas y su adaptación para optimizar la producción de energía y, a la vez, de cenizas con carácter puzolánico para su uso en materiales de construcción no convencionales de base cementicia.

Como objetivo específico se incluye el estudio en el laboratorio de los residuos agrícolas que pudieran proporcionar una cantidad significativa de cenizas, y que éstas tuvieran propiedades puzolánicas. Los residuos agrícolas que, en principio pueden reunir ambas condiciones, serán la cáscara de arroz, la hoja de maíz y bambú, los cereales, etc. El carácter puzolánico de un residuo agrícola dado dependerá, entre otros factores, de la temperatura alcanzada en el horno. Se deben buscar temperaturas de combustión bajas que eviten la formación de estructuras cristalinas, que son menos reactivas que las estructuras amorfas. Pero hay que tener en cuenta que el rendimiento del horno, en lo que a recuperación de energía se refiere, se reduce cuando disminuye la temperatura de combustión, por lo que debe llegarse a una situación de compromiso entre ambos aspectos.

Como indicábamos en el apartado anterior, para alcanzar con éxito los objetivos de proyecto, se requiere un equipo multidisciplinar. En la primera parte del proyecto tendrían una mayor dedicación los investigadores expertos en la producción de energía a partir de biomasa, pertenecientes al Instituto de Ingeniería Energética (IIE), con el asesoramiento de los investigadores expertos en materiales de construcción no convencionales pertenecientes al Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH), ambos institutos pertenecientes a la Universitat Politècnica de València. Una vez comenzaran a producirse las cenizas, éstas serían caracterizadas en el ICITECH para evaluar su carácter puzolánico, tratando de mejorarlo a partir de la optimización de los parámetros de combustión, tarea realizada en el IIE. El residuo agrícola que se utilizará fundamentalmente, será la cascarilla de arroz, de la que se dispone gran cantidad en la Comunidad Valenciana y también en muchos países en vías de desarrollo.

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) fueron adoptados por los estados miembros de las Naciones Unidas (NNUU) en el año 2000. Estos objetivos contemplan la dimensión esencial de la pobreza y sus efectos sobre la vida de las personas y constituyen, por sí mismos, un compromiso de los líderes del mundo con los pobres del mundo, encarando los más apremiantes problemas relacionadas con la pobreza, tales como la salud, la igualdad entre los sexos, la educación y la sostenibilidad ambiental.

Para facilitar el seguimiento de los logros alcanzados, NNUU ha establecido 18 metas y más de 40 indicadores. El sistema de NNUU ha asignado a UN-HABITAT la responsabilidad de prestar asistencia a los estados miembros, en el seguimiento y consecución gradual de la Meta 11: *para el año 2020 haber mejorado sustancialmente la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de asentamientos precarios*, que corresponden al Objetivo 7: *Garantizar la sostenibilidad del medioambiente*.

La Meta 11 del Objetivo 7 es la respuesta a uno de los desafíos más acuciantes del milenio. Ocupándose de la gente que vive en las peores condiciones físicas en las ciudades del



mundo, la Meta11 es un reconocimiento directo de que los asentamientos precarios son un problema de desarrollo que debe ser encarado. Los asentamientos precarios no pueden ser considerados sencillamente como una consecuencia desafortunada de la pobreza urbana, sino que deben ser tratados como un problema de primer orden, siendo una parte esencial la calidad de los materiales y tecnologías constructivas empleados.

En cuanto a los criterios sectoriales de la cooperación española que figuran en el Plan Director de la Cooperación Española 2009-2012, consideramos que el proyecto presentado estaría reflejado en los siguientes dos criterios:

1. Sostenibilidad ambiental, lucha contra el cambio climático y hábitat. Objetivo Específico 4. Garantizar las condiciones de habitabilidad básica de la población y contribuir a la construcción de un hábitat ambientalmente sostenible e integrado en su entorno. Y dentro de este objetivo, la línea: Aprovechar las oportunidades que pueden ofrecer la construcción de un hábitat sostenible para generar oportunidades económicas locales, que a su vez aseguran el mantenimiento de las infraestructuras.
2. Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo Humano. Objetivo Específico 3. Fomentar un sistema de innovación que facilite la valorización de residuos, la mejora de procesos productivos y el desarrollo de iniciativas emprendedoras, como soporte del desarrollo económico. La cultura de innovación de los sectores empresariales es un aspecto clave para el desarrollo.

Y dentro de este objetivo, la línea: Apoyo a la investigación y desarrollo tecnológico: investigación y generación de conocimiento y de tecnología sobre problemas críticos para el desarrollo. Valorización y protección de saberes y tecnologías tradicionales.

En cuanto a los criterios geográficos, si bien el proyecto va a realizarse íntegramente en España, pensamos que si los resultados son satisfactorios la tecnología desarrollada deberá ser transferida a los países en vía desarrollo productores de residuos agrícolas, como la cascarilla de arroz como Perú y Colombia, países prioritarios de la Cooperación Española.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto ha cumplido con los objetivos planteados y ha consolidado la colaboración entre dos institutos en el ámbito multidisciplinar del aprovechamiento energético de residuos agrícolas y valorización de cenizas como materiales cementicios. Como objetivo general del proyecto, se estudiaron los sistemas de combustión existentes que utilizan como combustible residuos agrícolas, y su adaptación para optimizar la producción de energía y a la vez de cenizas con carácter puzolánico para su uso en materiales de construcción no convencionales de base cementicia. A continuación se describen las tareas desarrolladas para alcanzar los objetivos planteados, y las principales conclusiones obtenidas fruto del cumplimiento de dichos objetivos.

Tarea 1. Diseño del sistema de combustión y sus parámetros de operación.

Sub-tarea 1.1. Evaluación del estado del arte de tecnologías de combustión de biomasa y sus aplicaciones. En este apartado se ha realizado una descripción de las distintas tecnologías de combustión de biomasa para aplicaciones de pequeña potencia en calderas y hornos. Se ha concluido que la disponibilidad de calderas y hornos para consumir biomasa en formato astillas, briquetas y pellets es elevada con unos costes medios-altos (siempre superiores

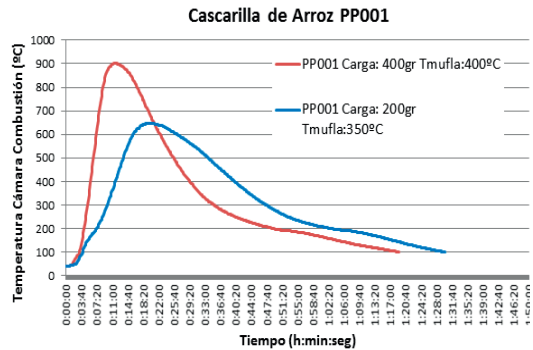
a sus equivalentes con gasoil/gas natural/butano). En el caso de calderas, especialmente para potencias pequeñas (<250 kW_{térmico}), la posibilidad de quemar biomasa en formato paja o caña/cañote de maíz es muy limitada y sería muy recomendable una previa peletización o briquetado. Se encuentran también disponibles intercambiadores de calor que se colocan en las chimeneas de extracción de humos para producir agua caliente. En los sistemas disponibles a nivel comercial está prevista la extracción de cenizas y la adaptación requerida se describe en la sub-tarea 1.3.

Sub-tarea 1.2. Simulación y experimentación en reactor de combustión de laboratorio. Las pruebas en la cámara de combustión de 2 litros de capacidad con exceso de aire (del orden de un 50-100% sobre el habitual en procesos de combustión de materiales sólidos), han mostrado temperaturas máximas de 550-800°C, y en algunos casos hasta 850-900°C durante cortos periodos de tiempo (< 5 minutos), tanto temperatura de combustión como el tiempo de residencia de la ceniza a una temperatura determinada influyen sobre las propiedades puzolánicas de las cenizas. Se ha simulado (balance energético) la utilización del calor producido en la combustión para el calentamiento de balsas de curado de tejas (y similares) durante 3-4 días a 60°C (a temperatura ambiente el tiempo de curado sería de 20-30 días) y considerando biomasa agrícolas con contenido en ceniza del 5-20% aproximadamente, el calor producido es suficiente para automantener el proceso, incluso con eficiencias en el rango 40-60% (en base al poder calorífico inferior de la biomasa utilizada).

Figura 1.- Cámara de combustión y gráfica de temperatura de combustión.



Cámara de combustión. Capacidad 2 litros.



Temperaturas máximas alcanzadas en la combustión. Cascarilla de arroz cargas de 200 y 400 g a temperatura de horno eléctrico (para encendido) de 350°C.

Sub-tarea 1.3. Diseño de los sistemas de combustión. El diseño en cuanto a geometría y materiales obedece a sistemas comerciales disponibles (marcas FERROLI, BIOCALORA y otros) y las adaptaciones requeridas son:

- Mayor capacidad del depósito de cenizas (aproximadamente 4-6 veces más) y extracción en continuo o semi-continuo con tornillo sinfín para poder garantizar los tiempos de residencia deseados.

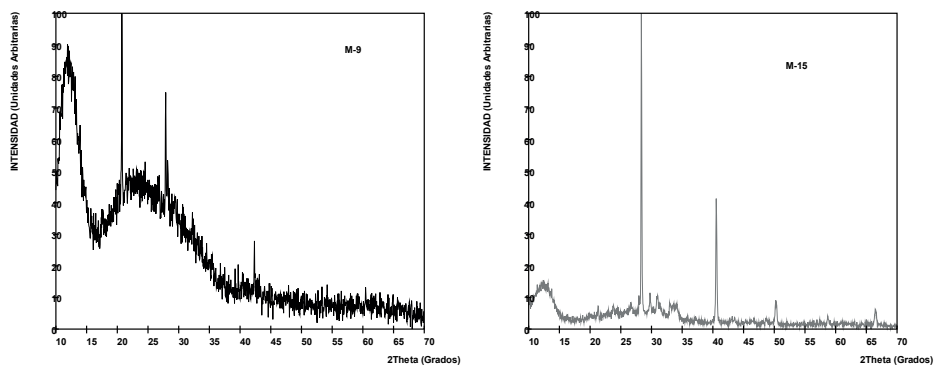


- Sensor de temperatura adicional para garantizar rango de temperaturas de la zona de combustión inferiores a 800°C. La regulación de temperatura máxima se realizará incrementando el exceso de aire (ya que el aumento de exceso de aire implica disminución de temperatura máxima y combustión más completa de la biomasa, que es otro parámetro deseable en el proceso).

Tarea 2. Caracterización de las cenizas obtenidas en la experiencia de simulación en el reactor de combustión del laboratorio.

Se estudiaron por difracción de rayos X muestras de ceniza de diversas biomásas: caña común, caña de azúcar, maíz, paja de cebada y cáscara de arroz. Los resultados ponen de manifiesto un mayor grado de amorficidad para las muestras de ceniza de maíz y de cáscara de arroz. Se constata la influencia de la temperatura de combustión y el tiempo de residencia sobre el grado de amorficidad de las muestras y, por tanto, sobre el carácter puzolánico de las muestras. Con el fin de disponer de cantidades mayores de ceniza de cascarilla de arroz, se solicitaron muestras de ceniza de cascarilla de arroz a la empresa Maicerías Españolas DACSA S.A., que dispone de una planta de cogeneración basada en la utilización de dicha biomasa residual. Estas muestras también fueron caracterizadas confirmando su elevado grado de amorficidad y por tanto su potencial reactividad. En la figura 2 se muestra los espectros de difracción de rayos X de muestras de ceniza de maíz y paja de cebada, siendo la primera una muestra amorfa y la segunda cristalina. En la figura 3 se muestra el espectro de difracción de rayos X y una micrografía tomada por microscopía electrónica de barrido (SEM) de la muestra de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) de la empresa DACSA.

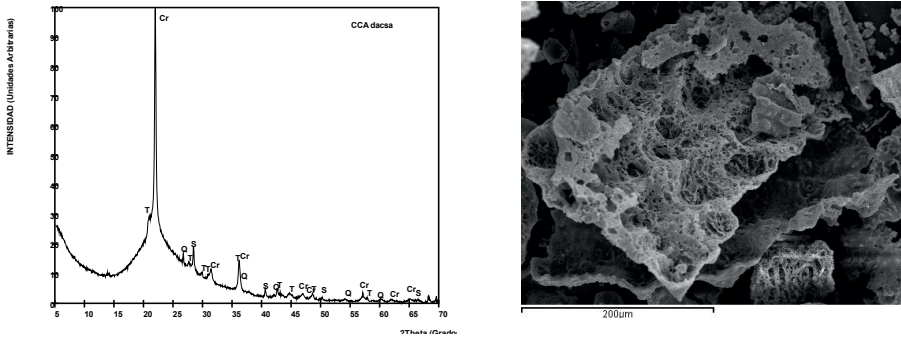
Figura 2.- Espectros de difracción de rayos X de muestras de cenizas de maíz y de paja de cebada.



Difracción de Rayos x de una muestra de ceniza de maíz obtenida a 700°C. Muestra amorfa.

Difracción de Rayos x de una muestra de ceniza de paja de cebada obtenida a 600°C. Muestra cristalina.

Figura 3.- Espectro de difracción de rayos X de y micrografía SEM de CCA.



Difracción de Rayos x de una muestra de ceniza de cascarilla de arroz obtenida en la empresa DACSA. Muestra amorfa.

Micrografía de una muestra de ceniza de cascarilla de arroz obtenida en la empresa DACSA.

Tarea 3. Preparación morteros cal-puzolana a partir de ceniza de cáscara de arroz producidas en un proceso de cogeneración.

Los resultados ponen de manifiesto que de las relaciones puzolana/cal estudiadas, las que mejor comportamiento tienen, en lo que a resistencias mecánicas se refieren, son las relaciones 2 y 3, que presentan resultados parecidos. Se consideró que la óptima era la relación 3, ya que supone un menor empleo de cal, un material más costoso económica y medioambientalmente que la ceniza de cáscara de arroz, ya que esta última es un material residual obtenido en el proceso de combustión. Las resistencias a compresión obtenidas estuvieron alrededor de los 10MPa para 28 días de curado (ver figura 4) y por encima de los 14 MPa. para los 90 días de curado (ver figura 5) también, en ambos casos curando a 20°C. Estos resultados ponen de manifiesto el interés del uso de este tipo de morteros para usos que no requieran elevadas resistencias. El trabajo experimental fue desarrollado por Rosana Méndez y constituyó su tesina final de máster (Máster Oficial en Ingeniería del Hormigón).

Figura 4.- Resistencia a compresión de las probetas cal-puzolana curadas durante 28 días a 20° C. Las puzolanas empleadas fueron catalizador gastado de craqueo catalítico (FCC), ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y ceniza de lodo de depuradora (CLD).

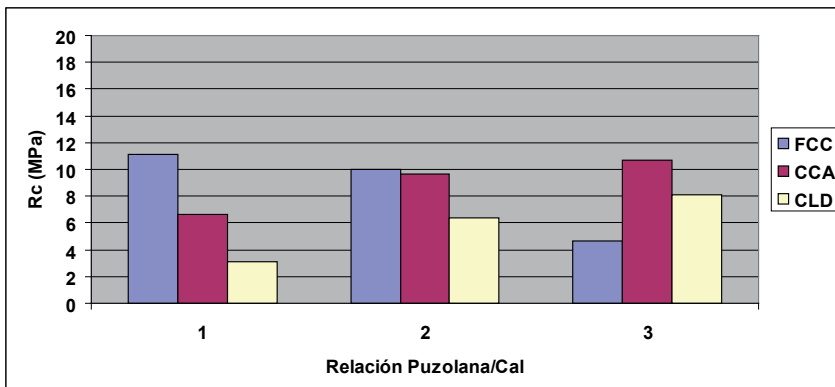
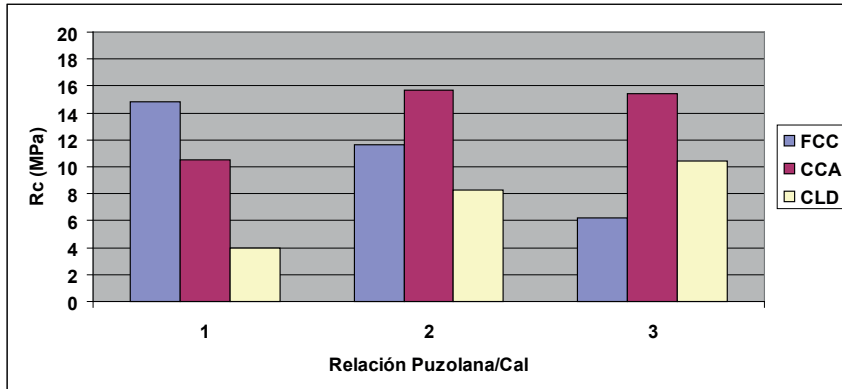




Figura 5.- Resistencia a compresión de las probetas cal-puzolana curadas durante 90 días a 20°C. Las puzolanas empleadas fueron catalizador gastado de craqueo catalítico (FCC), ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y ceniza de lodo de depuradora (CLD).



Tarea 4. Elaboración de materiales prefabricados de base cementicia a partir de ceniza de cáscara de arroz (CCA) producida en un proceso de cogeneración

Se realizaron tejas (ver figuras 6 y 7) y bloques de hormigón. Las tejas obtenidas requirieron la adición de un porcentaje de cemento portland (20%), así las mezclas contuvieron un 80% de mezcla CCA-cal y 20% de cemento portland, de lo contrario durante el proceso de desmoldeo se rompían un elevado número de especímenes. No obstante, nunca se alcanzó la carga a flexión requerida, por la normativa vigente europea que es de 800N, ya que en ningún caso de alcanzaron los 600N (ver tabla 1), sin embargo si se cumplieron los ensayos de permeabilidad y resistencia a impacto (ver figura 7). Estos resultados pondrían de manifiesto que sería necesario la adición de fibras (naturales o artificiales) a las tejas para superar la carga a flexión requerida, o bien utilizar mezclas binarias cemento portland-CCA, eliminando la cal. En este último sentido se obtuvieron buenos resultados, cumpliendo la normativa vigente, en mezclas con un 70% en peso de cemento portland y un 30% en peso de CCA. La parte del estudio correspondiente a las tejas constituyó el proyecto final de carrera y la tesis fin de máster de Rosana Méndez. Esta última realizada en la UPV y en la Universidad del Valle en Cali, Colombia.

Figura 6.- Dimensiones y características de la teja.



Dimensiones: 500x250 mm.
 Dimensión efectiva: 400x200 mm.
 Espesor: 10 mm.
 Altura de onda: 40 mm.

Figura 7.- Procedimiento para la elaboración de tejas de microconcreto utilizando la tecnología TeVI.





Tabla 1. - Características de la teja y ensayos realizados.

Com=n teja				Ensayo impermeabilidad	Carga a flexión (N) (*)	Resistencia a impacto
Cemento (%)	CCA+cal (%)	CCA/cal al	a/b			
20	80	3	0,65	positivo	556	positivo
				positivo	730	positivo
				positivo	443	positivo
(*) El valor promedio obtenido para las tres tejas es de 576 N. La normativa exige 800 N						

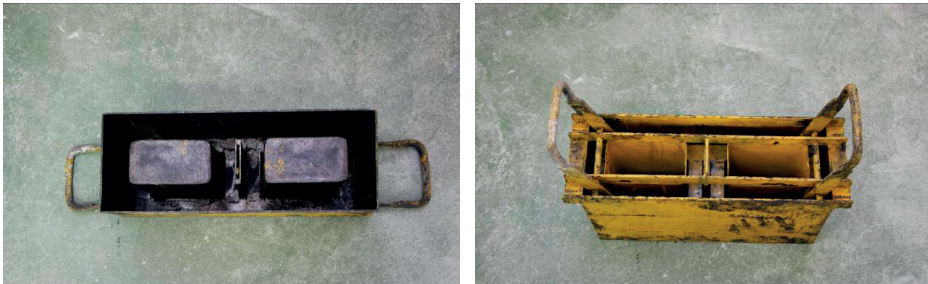
Figura 8. - Ensayo de carga a flexión, impermeabilidad y resistencia a impacto de las tejas TeVi.



También se prepararon bloques de hormigón, para ello fue necesario dosificar un hormigón utilizando como árido una mezcla de grava y arena. Para la fabricación de los bloques se emplearon dos bloqueras autónomas, cuya descripción se detalla a continuación. El ensayo de resistencia a compresión simple se realizó en una prensa hidráulica, con la ayuda de dos placas de acero de deformación despreciable para adaptar las caras.

La primera bloquera empleada no requiere ninguna fuente de alimentación externa, siendo exclusivamente manual todo el proceso de fabricación de los bloques (ver figura 9). Esta se coloca bien lubricada y con la cara abierta hacia arriba, por la que se introduce la mezcla en varias tandas entre las cuales se compacta con una varilla de acero y un mazo de goma. Una vez completado el bloque hasta la parte superior, se enrasa con una llana, se da la vuelta y se levanta con fuerza ayudándose de las asas.

Figura 9.- Bloquera manual.



La segunda bloquera, más sofisticada, posee un vibrador portátil, que se acopla en el lateral, con alimentación por medio de una batería (ver figura 10). De forma análoga a la anterior, se coloca bien lubricada y con la cara abierta hacia arriba, por la que se introduce la mezcla en varias tandas entre las cuales se compacta poniendo en marcha el vibrador. Una vez completado el bloque hasta la parte superior, se enrasa con una llana, se retira el vibrador, se da la vuelta y se levanta con fuerza ayudándose de las asas. La parte de bloques correspondió al proyecto final de carrera del Xabi García, cuya primera parte ha sido desarrollada en la UPV y la segunda en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

Figura 10.- Bloquera de vibrado portátil con alimentación mediante batería.





Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, obteniendo unas resistencias medias de entre 3'9 MPa., cuando se utilizó una bloquera manual, y 6'4 MPa., cuando se utilizó una bloquera de vibrado portátil con alimentación mediante batería (ver tabla 2 y figura 11).

Tabla 2.- Resistencia en MPa. obtenidas para los dos tipos de bloqueras estudiadas con un curado de 21 días a temperatura ambiente.

Serie	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Media	Coefficiente de variación
Bloquera vibrado	7'6	7'3	6'9	6'9	5'8	3'8	6'4	21'7%
Bloquera manual	4'9	4'7	4'0	3'6	3'3	2'9	3'9	20'0%

Figura 11.- Bloques elaborados utilizando CCA.

CCA/cal= 3, árido/conglomerante= 5'55, grava/arena= 1'5 y agua/conglomerante = 0'8.



A la vista de los resultados, puede concluirse que los bloques ensayados cumplen las recomendaciones de una resistencia mínima para bloques no estructurales de aproximadamente 3 MPa. (Day, 1992). Los bloques elaborados con la bloquera de vibrado portátil con alimentación mediante batería superan ampliamente dicha resistencia con tan solo 21 días de curado. Los bloques fabricados con la bloquera manual presentan una resistencia mucho más próxima a este valor, que podría mejorarse optimizando el procedimiento de compactación manual o aumentando el tiempo de curado, si bien han resultado ser igualmente aptos.

De forma general se puede concluir que los hormigones elaborados a partir de conglomerantes formados por mezclas CCA-cal, pueden ser utilizados en usos que no requieran elevadas resistencias a compresión, particularmente en la elaboración de bloques no estructurales, elaborados con bloquera de vibrado portátil con alimentación mediante batería o bien con bloquera manual.

La utilización de residuos agrícolas con carácter puzolánico como la CCA, se revela como una opción interesante, en especial en los países en vías de desarrollo, para reducir el coste económico y medioambiental de los materiales de construcción.



Tarea 5. Análisis de resultados y propuesta de investigaciones futuras.

Los resultados del proyecto son satisfactorios y han permitido la colaboración entre dos institutos de la UPV, abordando un problema multidisciplinar. El reto futuro sería trasladar estos resultados al sector productivo en los países en vías de desarrollo, de forma que con un sistema de combustión adecuado se pudiese recuperar energía a la vez que utilizar las cenizas obtenidas en la construcción de prefabricados para viviendas rurales.

VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

Valoramos muy positivamente la participación en el proyecto de ambos equipos de investigación pertenecientes al Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH) y al Instituto de Ingeniería Energética (IIE). Con anterioridad habíamos trabajado por separado en proyectos vinculados a la cooperación al desarrollo. Sin embargo, el hacerlo de forma conjunta ha sido una forma de abordar un problema multidisciplinar complejo. La visión de la investigación sufre un cambio profundo cuando uno es consciente que los resultados de ésta pueden mejorar la vida de las personas con menores recursos, resultando ser mucho más gratificante. De forma análoga ocurre cuando estos resultados de la investigación se pueden trasladar al aula, en el caso de los investigadores de ICITECH, impartimos docencia en asignaturas relacionadas con la cooperación al desarrollo y las tecnologías para el desarrollo humano. Este hecho nos ha permitido valorar muy positivamente los efectos que genera al posibilitar una formación integral de los estudiantes y, por tanto, no sólo transmitiendo competencias técnicas sino también una educación en valores. En cuanto a la producción científica del proyecto, se puede calificar como buena, si bien esperamos poderla incrementar en un futuro próximo, hasta el momento se concreta en dos proyectos final de carrera, una tesis de máster, cuatro comunicaciones a congreso y una publicación. Información detallada sobre esta producción científica se encuentra en el siguiente apartado.

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL PROYECTO

Proyecto final de carrera de Rosana Méndez (finalizado). *Estudio de tejas prefabricadas de bajo coste que incorporan residuos industriales de carácter puzolánico para uso en países en vías de desarrollo.*

Tesina del Master Oficial en Ingeniería del Hormigón de Rosana Méndez (finalizada). *Nuevas mezclas cementantes basadas en cal.*

Tesina del Máster en Tecnología Energética para el Desarrollo Sostenible de Miguel Moliner (finalizada). *Optimización del carácter puzolánico de las cenizas obtenidas en la combustión de residuos agrícolas para su uso como materiales no convencionales.*

Proyecto final de carrera de Xabi García Martí (en proceso). *Uso de residuos agroindustriales de carácter puzolánico en morteros y hormigones de bajo coste económico y medioambiental para su empleo en países en vías de desarrollo. Aplicación a bloques prefabricados de hormigón con bloqueras autónomas y morteros para estructuras de ferrocemento en Manizales (Colombia).*

R. Méndez, M.V. Borrachero, J. Payá, J. Monzó. Utilización de morteros de base cementicia que contienen puzolanas para la elaboración de tejas de uso en viviendas de interés social, *I Congreso Internacional de Estudios de Desarrollo*, Santander, 14-16 noviembre 2012.



R. Méndez, M.V. Borrachero, J. Payá, L. Soriano, M. Tashima and J. Monzó "Lime-Rice Husk Ash-Portland cement binders for mortar tile uses" *International Conference on Advances in Cement and Concrete Technology*, en África, Johannesburg, 28-30 de enero 2013.

Méndez R., Borrachero M.V., Payá J., Monzó J. Mechanical Strength of Lime-Rice Husk Mortars: A Preliminary Study. *13th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies (IC-NOCMAT-2011)*, Changsha, Hunan (China), 22-24 de septiembre de 2011. Publicado en *Key Engineering Materials* 517,495-499, 2012.

Javier García Martí, María Victoria Borrachero Rosado, Jorge Juan Payá Bernabeu, Daniel Alveiro Bedoya Ruiz, José María Monzó Balbuena. Utilización de residuos agrícolas e industriales en la elaboración de hormigones no convencionales, *VI Congreso Universidad y Cooperación al Desarrollo*, Valencia (España), 24-26 abril 2013.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer a las empresas Maicerías Españolas S.A. (DACSA) y Arrocera la Esmeralda S.A. de Colombia el apoyo recibido en todo momento. También a la empresa BALALVA S.L. por facilitar la molienda de la ceniza de cascarilla de arroz española en sus instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berhane, Z. (1987). Local building materials and low cost housing. *Proc. of IAHS World Congress on Housing-Innovations in Science and Technology for the Future*, Berlin: Oktay Ural ed., pp. 58-62

Day, R. (1992). *Pozzolans for use in low-cost housing a state of the art report*, Research Report CE92-1, International Development Research Centre, Canada.

Durand, M.F et al. (2008). *Atlas de la Mondialisation. Comprendre l'espace mondial contemporain*. Sciences Po. Les Presses,

HABITAT (1985). *The use of selected indigenous building materials with potential for wide application in developing countries*, Nairobi: United Nations Centre for Human Settlements.

Monzó, J., Payá, J., Borrachero, M.V., Córcoles, A. (1996). Use of sewage sludge ash (SSA)-cement admixtures in mortars, *Cem. and Concr. Res.*, 26(9): 1389-1398. [http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846\(96\)00119-6](http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846(96)00119-6)

Monzó J., Payá, J., Borrachero, M.V., Peris-Mora, E. (1999). Mechanical behaviour of mortars containing sewage sludge ash (SSA) and Portland cements with different tricalcium aluminate content, *Cem. and Concr. Res.*, 29(1): 87-94. [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(98\)00177-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(98)00177-X)

Monzó, J., Payá, J., Borrachero, M.V., Girbés, I. (2003). Reuse of sewage sludge ashes (SSA) in cement mixtures: the effect of SSA on workability of cement mortars, *Waste Management*, 23(4): 373-381. [http://dx.doi.org/10.1016/S0956-053X\(03\)00034-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0956-053X(03)00034-5)

ONU-HABITAT (2005), Observatorio urbano mundial, Programa de los indicadores urbanos, Fase III, <http://www.unhabitat.org/>

Payá, J., Monzó, J., Borrachero, M.V. (1999). Fluid catalytic cracking catalyst residue (FC3R) An excellent mineral by-product for improving early-strength development of cement mixtures, *Cem. and Concr. Res.*, 29(11): 1773-1779. [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(99\)00164-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(99)00164-7)



- Payá, J., Monzó J., Borrachero M.V. (2001). Physical, chemical and mechanical properties of fluid catalytic cracking catalyst residue (FC3R) blended cements, *Cem. and Concr. Res.*, 31(1): 57-61. [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00432-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00432-4)
- Payá, J., Monzó, J., Borrachero, M.V., Ordoñez, L.M. (2007). International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies: Ecological materials and Technologies for Sustainable Building, IC-NOCMAT 2007, Maceió, Brazil, 14th-17th, October.



**PROYECTOS
ADSIDEO-COOPERACIÓN
2011**



PROPUESTA DE MEJORA EN LA CO-GESTIÓN Y GOBERNANZA DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS. APLICACIÓN AL CASO DEL DESARROLLO DEL TURISMO EN TRES ÁREAS DE VENEZUELA Y ECUADOR

Tomás Gómez Navarro¹, Mónica García-Melón², Jordi Peris-Blanes², Rafael Monterde-Díaz³, Diego Díaz-Martín⁴, Silvia Acuña-Dutra⁵, Wilson Jácome Enríquez⁶

(1) Instituto de Ingeniería Energética. Universitat Politècnica de València

(2) Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento. Universidad Politécnica de Valencia

(3) Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universitat Politècnica de València

(4) Vitalis. Organización no Gubernamental. Venezuela

(5) Departamento de Estudios Ambientales. Universidad Metropolitana de Caracas

(6) Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. Universidad Politécnica ESPE de Ecuador

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es facilitar la toma de decisiones participativa en la mejora de la gobernanza y elaborar propuestas útiles para problemas semejantes del mismo ámbito u otros. Para ello se ha elegido la herramienta Analytic Network Process (ANP) y el caso de la explotación turística de las áreas naturales protegidas.

El turismo ha sido catalogado como una de mayores oportunidades de desarrollo para los países Latinoamericanos, pero también como una de sus mayores amenazas. El capital natural de estas regiones es fundamental en la consecución de los Objetivos del Milenio. Los conflictos de intereses en torno a la explotación de estos recursos se pueden asemejar a problemas de decisión multicriterio multiexperto y el ANP es una herramienta de probada utilidad para modelizarlos y resolverlos.

La metodología se ha aplicado a tres complejos casos de desarrollo del turismo en áreas naturales protegidas de Venezuela y Ecuador. Estas áreas protegidas son gestionadas por instituciones públicas y el turismo plantea un conflicto de intereses tanto con los sectores privados que las explotan económicamente, como con las comunidades locales que las habitan.

La realización del proyecto ha contribuido al conocimiento sobre la sostenibilidad del turismo en las áreas protegidas, exponiendo las claves de los conflictos de intereses en torno a los



programas basados en el turismo y permitiendo proponer una nueva metodología de toma de decisiones participativa para la gestión del turismo en estas áreas.

MODELAR LAS DINÁMICAS DE NEGOCIACIÓN Y TOMA DE DECISIONES

Analizar para entender las relaciones entre los diferentes grupos de interés

El turismo es una de las actividades de mayor valor agregado en la explotación del capital natural de América Latina (AL). Pero, por sostenible que se pretenda el turismo realizado en parques nacionales (PN), los pone en riesgo ambiental y genera importante controversia (García-Melón *et al.*, 2010). Por tanto se trata de un buen ejemplo de conflicto de intereses entre el sector público y el privado.

La cantidad de PN sigue aumentando como respuesta a diversos estímulos internos y externos a los países de AL (Ervin *et al.*, 2008). Los PN son gestionados por instituciones públicas a menudo con deficiente cualificación y recursos económicos, humanos y técnicos (Lockwood, 2010). A finales del siglo XX el paradigma dominante en gestión de los PN era Top-Down. La estrategia se basaba más en la imposición y la sanción que en el diálogo y la colaboración con los actores privados: comunidades locales, empresarios, ONG, etc. Esta estrategia dificulta la gobernanza de los PN puesto que motiva la indiferencia e incluso la desobediencia y el sabotaje de los actores (Hayes, 2006). Además, se pierde en la toma de decisiones su conocimiento del medio natural y sus buenas prácticas.

Hoy el paradigma de gestión tiende a orientarse hacia una estrategia de cogestión de las Áreas Protegidas (AP) y la mejora de su gobernanza (García-Melón *et al.*, 2010). La cogestión no impide que la responsabilidad última siga siendo de la autoridad pública competente. Pero permite que los actores y especialmente las comunidades locales participen en todo el proceso de toma de decisiones: el análisis de los problemas, la propuesta de acciones, la toma de decisiones, la aplicación de las soluciones, la evaluación de sus resultados, etc. (Hayes, 2006).

Los casos de estudio planteados son: uso recreativo en el Parque Nacional Waraira Repano y en el Parque Nacional Los Roques (ambos en Venezuela) y usos recreativos en Parque Nacional Cotopaxi (Ecuador). Se trata de tres PN muy diferentes en morfología, historia, cultura, etc., pero guardan una serie de semejanzas que las hacen comparables y adecuadas como la presión del turismo, el conflicto entre el sector público y el privado, la disponibilidad de acceso a los datos y los agentes implicados, la capacidad de ejercer un efectivo papel de mediación, etc. Así, los tres casos de estudio se complementan y permiten una comparación que genere conclusiones generalizables.

El ANP ha probado ser una herramienta adecuada para la toma de decisiones participativas en otros ámbitos y la mejora de la colaboración entre los grupos de interés implicados. Así, las hipótesis de partida del proyecto fueron:

1. El turismo de áreas naturales protegidas es una acción relevante de desarrollo actual y futuro en América Latina y un buen ejemplo de confrontación entre los actores públicos y los actores privados.
2. De las distintas formas de colaboración entre el sector público y privado, la más eficaz es la participación activa de los actores en el proceso de toma de decisiones.



3. El método ANP ayuda a la mejor colaboración en la gestión de las áreas naturales protegidas entre los agentes del Sector Público y los del Sector Privado.

El proyecto pretende hacer una adaptación generalizable del ANP para que las conclusiones sean útiles para otros planes de gestión de otras situaciones de conflicto. De esta manera, el proyecto de investigación no se queda en el nivel micro de las intervenciones sino que pretende contribuir críticamente a la elaboración de políticas públicas sobre gestión de áreas protegidas. De esta manera se alinea con el Objetivo de Desarrollo del Milenio n° 7: Garantizar la Sostenibilidad del Medio Ambiente y en particular a las siguientes dos metas:

- Meta 7.A: Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente.
- Meta 7.B: Haber reducido y haber ralentizado considerablemente la pérdida de diversidad biológica en 2010.

Asimismo, la concepción del desarrollo sostenible que subyace al planteamiento del proyecto pretende superar cualquier tipo de sesgo ambientalista, y vincula la sostenibilidad de las áreas protegidas con el desarrollo humano de las personas que en ellas habitan. En ese sentido, consideramos el desarrollo sostenible como un concepto en clara convergencia con el paradigma construido alrededor de la noción de desarrollo humano, entendido como el "proceso de ampliar la gama de opciones de las personas, brindándoles mayores oportunidades de educación, atención médica, ingreso y empleo, y abarcando el espectro total de opciones humanas, desde un entorno físico en buenas condiciones hasta libertades económicas y políticas" (PNUD, 1992). Si bien tienen un origen y una trayectoria diferentes, las conexiones entre ambos conceptos son múltiples, pues el desarrollo humano debe ser sostenible y el desarrollo, para ser sostenible, debe ser antes humano. Coincidimos, por tanto, con organismos y académicos diversos (Ibarra y Unceta, 2001) en señalar que el desarrollo al que nos referimos es el desarrollo humano sostenible.

LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Los Parques Naturales (PN) son áreas protegidas creadas para preservar procesos ecológicos, así como especies y ecosistemas característicos. Su importancia ha sido reconocida por numerosos autores, quienes han resaltado su contribución en la preservación del paisaje, la flora y la fauna, el aire, el suelo y el agua, y la provisión de servicios ambientales como la fijación de carbono, la producción de agua potable, el ciclo de los nutrientes y el mantenimiento del régimen climático (Wiersma y Nudds, 2009). A lo anterior se añade que los PN propician actividades espirituales, científicas, educativas, recreativas y turísticas. Estas últimas siempre que sean ambiental y culturalmente compatibles (Dudley, 2008).

Figura 1.- Parques Nacionales de Venezuela. Destacados los dos en estudio: Waraira Repano (antes El Ávila) y Archipiélago Los Roques.



Gestión participativa en las áreas protegidas

De acuerdo con (Dudley, 2008), existen cuatro modelos básicos de gestión de áreas protegidas a nivel mundial, tales modelos son:

- Gestión estatal exclusiva por parte del gobierno;
- cogestión ente autoridades y otras partes interesadas;
- gestión totalmente privada, y
- gestión por parte de las comunidades locales, en particular en áreas pertenecientes a los mismos habitantes.

De los modelos de gestión anteriormente mencionados, solo dos incluyen la participación de los grupos de interés locales, en las acciones de manejo y conservación del área protegida, pese a que han sido reconocidas de vital importancia para garantizar su sostenibilidad (Kaltenborna *et al.*, 2008).

El objetivo final de la gestión participativa es generar mecanismos que permitan afrontar los retos de conservación, incorporando a los actores locales, a fin de apoyar los procesos de tomas de decisiones vinculadas al manejo. Entre ellos destaca la consecución de recursos



suficientes para el manejo, el acceso a información clave para su gestión y la adopción de compromisos por los mismos actores, para contribuir con los programas de gestión.

Asimismo, la participación activa y constructiva de los actores en el manejo del área, contribuye a disminuir los conflictos de uso, a evitar los posibles boicots frente a las decisiones de manejo, y en general a favorecer la sostenibilidad en los diversos usos y actividades que se realizan dentro del parque nacional. En la participación de los actores en el manejo de un área protegida es fundamental considerar la interacción entre las instituciones establecidas, las tradiciones de cómo éstas ejercen el poder, el cómo se toman las decisiones y cómo los grupos de interés se hacen escuchar.

De acuerdo con Branquart (2008), se define a los grupos de interés como a aquellos grupos que tienen un interés directo o indirecto en las actividades de una organización o causa, cuyas acciones pueden afectarles, o ellos afectar a la organización. También ha sido utilizado para indicar grupos que tienen un interés en un área, un problema o un proyecto, como la contaminación de un río, la revitalización de la economía de una ciudad o el manejo de un área protegida.

El Parque Nacional Waraira Repano (antes denominado El Ávila)

El Parque Nacional Waraira Repano está ubicado en la zona central de la Cordillera de la Costa, al norte de Venezuela en Sudamérica, y comprende el área montañosa entre el Mar Caribe y los valles de Caracas, Guatire, Guarenas y Barlovento. La figura 1 muestra su ubicación relativa en Venezuela.

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Parque (PORU), se consideran recursos biológicos de alta fragilidad y relevancia en este parque nacional a:

- Las comunidades vegetales formadas por espinares costeros, bosques secos y húmedos, y formación subpáramo.
- Los bosques de galería de los diferentes cursos de agua que recorren el Parque Nacional.
- Las especies de avifauna local y migratoria.
- Las especies de mamíferos bajo condición de vulnerabilidad adaptadas a estos bioclimas.
- Las comunidades de reptiles.
- Las especies de invertebrados.
- La ictiofauna y comunidades de anfibios.

También destacan los recursos históricos y culturales del área protegida, conformados principalmente por:

- Rutas y construcciones civiles y militares de la época colonial.
- Rasgos y tipologías arquitectónicas tradicionales de los poblados de montaña.
- Restos de culturas indígenas precolombinas, de valor histórico y cultural.

Grupos de interés (actores) del área protegida

La ocupación humana de los predios del PN, data de mucho antes de su declaratoria como área protegida. Antes y después de la creación del parque nacional, el gobierno nacional venezolano compró tierras pertenecientes a haciendas privadas en las zonas bajas limitantes con Caracas. Sin embargo, desde su creación en 1958, poblados autóctonos existentes antes de la declaración del área protegida, como Galipán, Hoyo de la Cumbre y El Corozo, además de comunidades agrícolas como Culebrillas, Santa Rosa y Sanchorquiz, han convivido en el parque haciendo uso de sus recursos naturales.

La proliferación de barriadas pobres en los alrededores de Caracas ha disminuido el área natural en varios centenares de hectáreas. Cifras extra oficiales, provenientes de funcionarios de INPARQUES que prefieren no ser citados, hablan de más de 35 barriadas donde habitan al menos 550 mil personas dentro de la zona de protección y recuperación ambiental del PN.

Si bien no existe un análisis de los principales grupos de interés en el PN, es ampliamente aceptada la existencia de al menos los siguientes grupos (y con ellos se ha trabajado en la medida de lo posible):

- pobladores locales,
- agricultores (productores de flores y hortalizas),
- visitantes (turistas, deportistas y recreacionistas),
- autoridades locales (INPARQUES),
- autoridades nacionales (Ministerio del Ambiente) y
- otros grupos de interés (ONG, Universidades, Asociaciones de Excursionismo y de Rescate, etc.).

Fotografía 1. - Vista del Waraira Repano con Caracas delante.





Parque Nacional Archipiélago Los Roques

El PN Archipiélago Los Roques es un conjunto de islas ubicadas a 168 kilómetros al norte de la Guaira (principal puerto de Venezuela), abarca 221.120 ha. (Inparques, 2009) y su ubicación puede verse en la figura 1. Hasta finales del siglo XIX, en las islas que conforman el PN, se llevaban a cabo actividades de pesca, explotación de salinas y guanos. Tanto la pesca comercial como el turismo repercutieron desfavorablemente sobre los recursos naturales y escénicos del archipiélago mediante la ocupación y urbanización no controlada de áreas públicas por particulares.

El Parque Nacional posee cerca de 1.200 habitantes y cada año recibe cerca de 50.000 turistas que van a disfrutar los diferentes atractivos de la zona. Algunas de las actividades permitidas en el reglamento del parque son: navegación recreacional, buceo, windsurf, pesca deportiva y observación de aves (Inparques, 2009). La mayoría de los visitantes de este parque son turistas atraídos por la belleza de las playas, los arrecifes coralinos son especialmente importantes para los buzos aficionados y profesionales.

Para formalizar la administración del PN y fomentar su desarrollo sustentable, en 1991 se crea la Autoridad Única de Los Roques (AU). Esta figura administrativa tiene por objeto encargarse de la gestión de los servicios públicos de la Isla Gran Roque, de las regulaciones de urbanismo, la ejecución del plan de manejo del pueblo y del control de la actividad turística. La Autoridad Única de este parque cuenta con un presupuesto anual que casi en su totalidad, proviene de las concesiones otorgadas a los operadores turísticos del parque y sólo 5% lo aporta el Gobierno Nacional (Díaz-Martín et al., 2008).

Sin duda la actividad económica más importante del parque es el turismo, el cual genera empleo directo para casi el 40% de la población activa entre 18 y 70 años de Gran Roque (Vitalis, 2014). Entre las amenazas actuales del PN se encuentran la falta de personal e infraestructura adecuados, la contaminación con desechos sólidos, el inadecuado manejo de aguas servidas y la pesca ilegal. El crecimiento tanto de la industria turística como de la población de Gran Roque podría llegar a ser una amenaza para la integridad biológica de este parque, por lo que es considerado como vulnerable (Vitalis, 2014).

En Venezuela las estrategias de desarrollo vienen diseñadas desde el Ejecutivo Nacional, con visto bueno del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Estos organismos son los encargados de generar las directrices para las áreas protegidas. Son la Autoridad Única de los Roques y el Instituto Nacional de Parques los encargados de realizar la administración, el control y la ejecución práctica de los planes establecidos por el ejecutivo.

Fotografía 2.- Vista área del archipiélago de Los Roques.



Parque Nacional Cotopaxi

En Ecuador, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) cuenta con 47 áreas naturales (véase figura 2), muchas de las cuáles sufren conflictos derivados de la explotación de sus recursos naturales, siendo el pastoreo de ganado, incendios de pajonales, el uso recreativo, y la tenencia de la tierra, algunos de los problemas que enfrentan dichas áreas naturales, y en especial el Parque Nacional Cotopaxi (nº 2 en la figura 2).

El Parque Nacional Cotopaxi tienen una superficie total de 33.393 ha., de las cuales el 60'47% es páramo, el 22'82% corresponde a nieve o hielo, el 13'41% constituye afloramiento rocoso, y el 3'3% son cultivos de ciclo corto (maíz). Está localizado geográficamente en las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Napo, a 60 Km de distancia de la ciudad de Quito y a 30 km. de distancia de la ciudad de Latacunga, siendo éstas dos ciudades las principales fuentes de partida del turismo que visita el Parque diariamente. La mayor altura es el Cotopaxi con 5.897 m.

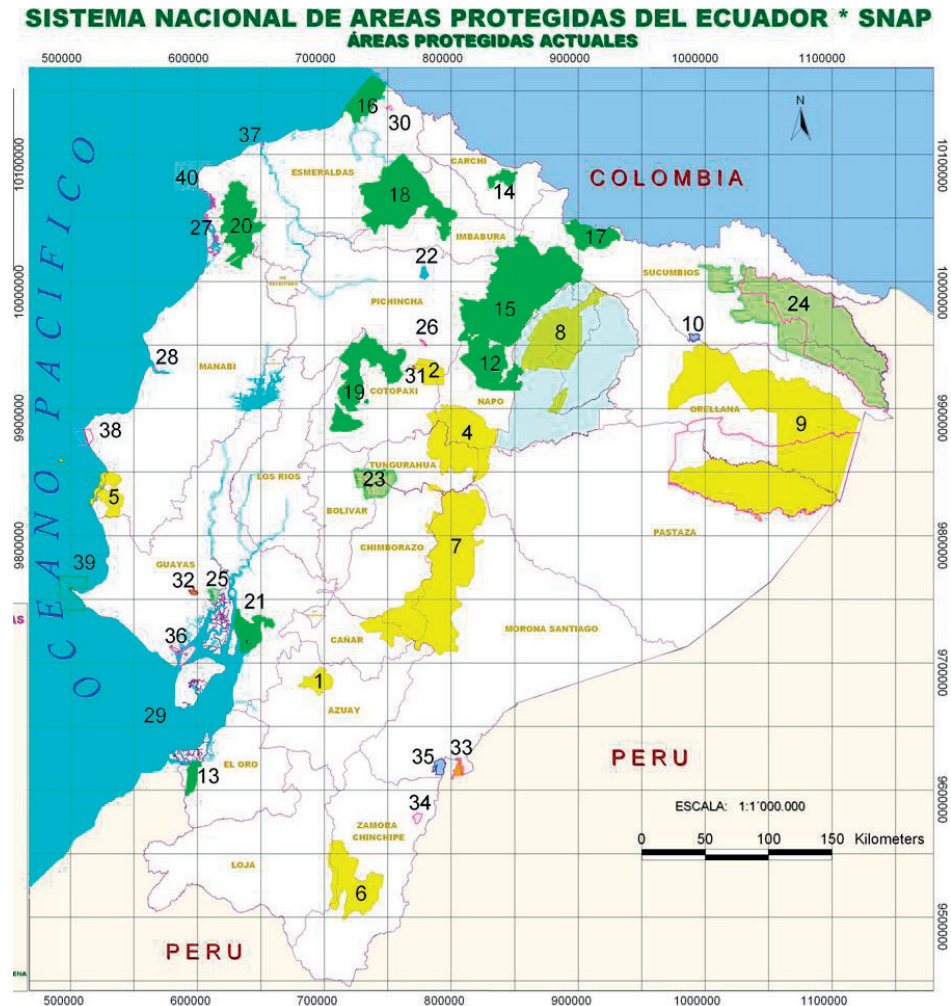
El paisaje y formas que se observa hoy en día del Cotopaxi, son la consecuencia de diversos y complejos eventos geológicos y eruptivos. La actividad del Cotopaxi empezó a ser registrada a partir de la llegada de los españoles al territorio que es en hoy día nuestro Ecuador, ya que una de las primeras crónicas en 1532 habla sobre las erupciones del volcán. Debido a estos registros, y aunque en el siglo XVI hubo pocos archivos que describen actividad (en 1532-1533), los datos que se han recabado durante los últimos 500 años dicen que el Cotopaxi ha tenido en promedio sus ciclos eruptivos una vez por cada siglo.

El problema fundamental para el establecimiento del área fue el de tratar de obtener dominio sobre terrenos que habían sido pastoreados por siglos, y que pertenecían, y aún



pertenecen, a propietarios particulares. Al mismo tiempo debían tratar de controlar la caza indiscriminada y ordenar el incipiente uso turístico que ya existía, principalmente por parte de andinistas, que en julio de 1970 inician la construcción del refugio que fue inaugurado el 1 de mayo de 1971. Estos problemas subsisten hasta hoy y el actual Plan de Manejo hace referencia a actividades y estrategias para superar dichos problemas.

Figura 2.- Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP).



Aunque se ha mantenido personal en forma permanente desde su creación, el Parque Nacional, sufre hoy en día un progresivo, recorte presupuestario que se traduce en falta de personal, equipamiento, insumos básicos y necesarias para continuar con las labores de control y desarrollo del área.

La población es mayoritariamente mestiza, con importante presencia de campesinos cuya principal actividad productiva es la agricultura, la ganadería y la caza. También existe la presencia de importantes nacionalidades indígenas, con un total de 1.031 habitantes, siendo el pueblo Kichwa de Tungurahua uno de los más importantes de la Zona. Sus principales actividades productivas son la agricultura (cultivos de papas, ocas, mellocos, habas, cebada, cebolla, ajo y maíz) y la ganadería (pastoreo de ganado ovino, caballo y mular).

El paisaje del PNC es diverso, siendo el Volcán Cotopaxi, que en su cumbre tiene un cráter y una caldera redonda, el mayor atractivo para montañistas quienes encuentran un ecosistema nival desde los 4.800 m. (ver fotografía 3). Además, se tiene la presencia de paisajes lacustres, como la laguna de Limpiopungo, cercana al Volcán Rumiñahui, y paisajes propios de los páramos andinos.

Además de la belleza escénica, dentro del PNC existen riquezas prehistóricas, como las Ruinas de Pucará, consideradas como fortalezas Incas, además del Palacio Inca construido a los pies del Volcán Cotopaxi por Tupac Yupanqui, posteriormente convertido en monasterio por la orden Agustina en el siglo XVII.

Actualmente, el PNC recibe alrededor de 96.000 turistas al año, ocupando el segundo lugar en el índice de visitación, después del Parque Nacional Galápagos. Los turistas son en su mayoría nacionales (57%), seguidos de cerca por los extranjeros (43%).

Fotografía 3. - Volcán Cotopaxi en el PN Cotopaxi.



TURISMO SOSTENIBLE

El desarrollo turístico en áreas naturales protegidas, como cualquier otra actividad, deberá fundamentarse sobre criterios de sostenibilidad, es decir, ha de ser soportable ecológicamente a largo plazo, viable económicamente y equitativo desde una perspectiva ética y social para las comunidades locales. Una buena gestión del turismo exige garantizar



la sostenibilidad de los recursos de los que depende (Kelly *et al.*, 2007). El paradigma de la sostenibilidad sí supone una revalorización y, en cierto modo, una reorientación de la planificación y gestión turística (ver figura 3).

Gestión Sostenible del Turismo

Muchos países en vías de desarrollo muestran una tendencia a aumentar la cantidad de áreas protegidas por sus servicios ambientales, valor intrínseco, sostenibilidad del capital natural y valor ciudadano. Dentro de ellas se desarrollan actividades turísticas asociadas a la naturaleza o como medida de conservación de su biodiversidad (Ervin *et al.*, 2003).

La sustentabilidad en la actividad turística debe seguir el “principio de precaución” que ayuda a guiar las actividades humanas para prevenir los daños al medio ambiente y a la salud humana. Los principios de diseño sustentable de servicios en Parques Nacionales enfatizan la sensibilidad medio ambiental en la construcción, el uso de materiales no tóxicos, la conservación de recursos, la integración de los visitantes a los escenarios naturales, entre otros.

Especialmente en los Parques Nacionales, la gestión turística aporta sostenibilidad si contribuye a los objetivos ecológicos, socio-culturales y económicos, lo que significa: la mejora económica de los habitantes; gestión en la conservación de la naturaleza y los recursos naturales y servicios (como el agua, la biota, el paisaje, los minerales o el consumo de dióxido de carbono) y mantenimiento de los valores culturales y la habitabilidad del Parque. En este sentido, el turismo sostenible es una oportunidad para desarrollar las áreas protegidas y realizar aporte a las comunidades locales (Acerenza, 2007).

Figura 3.- Modelo Conceptual del turismo Sostenible.





En cuanto a la gestión administrativa de los PN, las directrices y estrategias son establecidas por las autoridades designadas para tal fin en cada país. Desafortunadamente, no suelen tomar en cuenta a las comunidades locales que hacen vida en estas áreas protegidas. Éstas son responsables en gran medida del uso de los recursos naturales y los impactos que estos usos pueden generar (Hockings *et al.*, 2006). La no inclusión de las comunidades locales en el proceso de toma de decisiones y administración de las áreas protegidas ha traído como consecuencia gastos adicionales de recursos económicos, desacato a las normas impuestas e inconformidad social a nivel de desarrollo y conocimiento de los Parques Nacionales (Hockings, 2008).

El turismo compatible con el ambiente debe combinar la planificación participativa y multidisciplinaria, donde los actores deben trabajar coordinadamente para alcanzar los objetivos planteados y desarrollar una experiencia exitosa en este contexto (Ballantyne et al., 2009).

ANALYTIC NETWORK PROCESS (PROCESO DE ANÁLISIS EN RED)

El ANP es una metodología de resolución de problemas Multicriterio y Multiexperto (MCDA) que permite elaborar modelos de los problemas de decisión y facilita su solución participativa y la búsqueda de consensos (Gómez-Navarro *et al.*, 2009). Diversos trabajos del equipo de este proyecto y de otros autores (Peris-Blanes *et al.*, 2012) usan y recomiendan el ANP para elaborar modelos de los problemas de desarrollo relacionados con la sostenibilidad porque:

- La sostenibilidad es un ámbito MCDA y requiere participación.
- Puede aplicarse disponiendo de información cuantitativa o cualitativa.
- Puede utilizarse en situaciones de información incompleta o incierta.
- Se basa en juicios relativos obtenidos de comparaciones pareadas (funciones escalario) y no absolutos (funciones escala-intervalo).
- Permite analizar y considerar las relaciones entre todos los elementos del problema.
- Permite la transparencia y trazabilidad de todo el proceso de toma de decisiones.

La revisión de la literatura sobre la cogestión de las áreas protegidas permite concluir que (Wolfslehner y Vacik, 2008; Bottero y Mondini, 2008):

- Existen numerosos casos de aplicación de las MCDA a actividades de la gestión de las AP. Pero siempre planteadas Top-Down, no se ha encontrado ninguna actuación de las MCDA que se aplique a la cogestión de las AP.
- Las publicaciones están encaminadas principalmente a evaluar la participación de los actores y su relación con la gobernanza. Pero no prescriben cómo fomentar esta participación.
- Los pocos casos que explican cómo fomentar la cogestión proponen acciones *ad-hoc* sin reflexión generalizable que, por otro lado, demuestran la efectividad de la participación durante todo el proceso de toma de decisiones.



Descripción general del ANP

En el método ANP se representa un problema de decisión como una red en la que son posibles las interdependencias entre todos sus elementos que lo componen, lo que permite una modelización más aproximada de la realidad.

El método ANP se compone de siete pasos principales (Saaty, 2001):

1. Modelizar el problema de decisión como una red, lo cual implica identificar los elementos de la red (criterios y alternativas), agruparlos en clústeres y determinar las relaciones de interdependencia entre ellos.
2. Realizar comparaciones pareadas entre elementos o clústeres.
3. Construir la denominada supermatriz no ponderada con los vectores de pesos de importancia relativa de los elementos.
4. Realizar comparaciones pareadas entre componentes o clústeres.
5. Ponderar los bloques de la supermatriz no ponderada, mediante los pesos correspondientes de los componentes, para transformarla en la supermatriz ponderada.
6. Si es necesario, normalizar la supermatriz ponderada, dividiendo cada valor por la suma de las columnas. De esta forma se obtiene una matriz estocástica por columnas, es decir, cuyas columnas sumen la unidad (supermatriz ponderada estocástica).
7. Elevar la supermatriz ponderada estocástica a potencias sucesivas hasta que sus entradas converjan y permanezcan estables (supermatriz límite).

LA INTERVENCIÓN

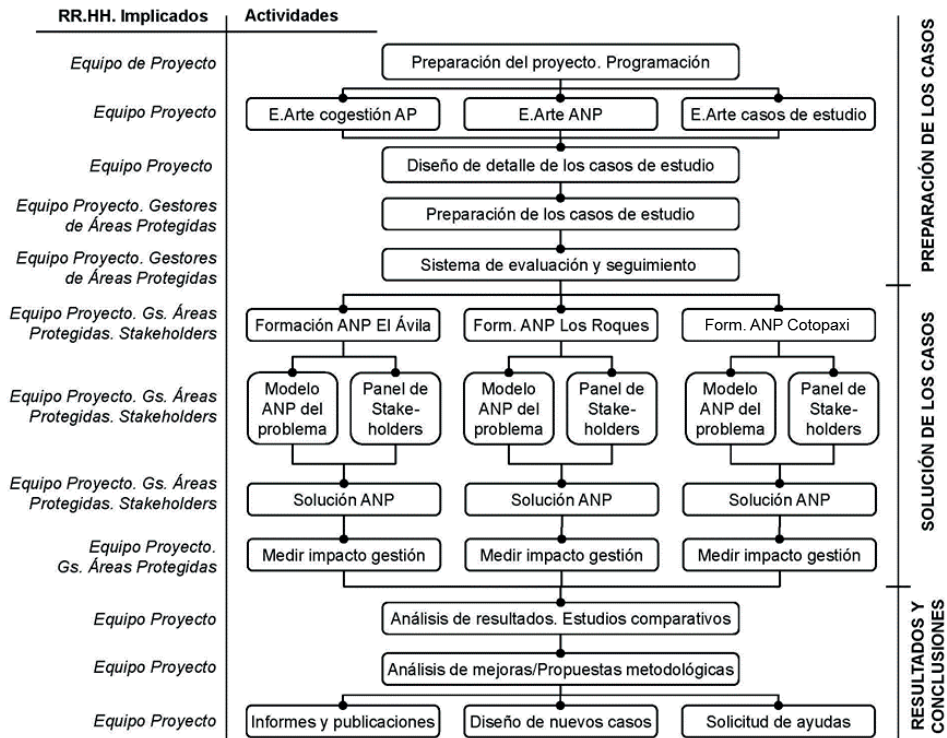
La intervención se planteó para la obtención por inducción de resultados generalizables a partir de resultados particulares. Los resultados particulares se obtienen de tres casos de estudio elegidos por las siguientes características:

- Existe un conflicto de intereses entre los sectores público y privado en torno al desarrollo del turismo.
- Se dispone de información, acceso a los recursos y la posibilidad de trabajar con los actores implicados.
- Los parques son ecológicamente distintos. También son variados los desarrollos turísticos, los actores, la historia y trayectoria de la gestión de los parques nacionales (PN) y los elementos culturales, económicos y sociales.
- Son PN relevantes, el turismo en ellos es importante y sus problemas son conocidos en los países estudiados.

Como se puede observar en la figura 4, la metodología comprendió tres fases: Preparación de los casos, Solución de los casos y Discusión de resultados y obtención de conclusiones. En la figura 4, el equipo del proyecto está formado por los investigadores de la Universitat Politècnica de València (UPV), de la Universidad Metropolitana de Caracas (UNIMET), de la ONG VITALIS de Venezuela y de la Escuela Politécnica de Ecuador (ESPE). Los gestores de áreas protegidas son el instituto nacional de parques (INPARQUES) en Venezuela y

el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de Ecuador. Los *stakeholders* o actores variaron en cada caso de estudio como se explica más adelante.

Figura 4.- Metodología del proyecto.



La fase de preparación incluyó una programación detallada de las actividades y una asignación de recursos a cada actividad. A continuación se completó el estado del arte en tres ámbitos: a) la cogestión y gobernanza de áreas protegidas con presión del desarrollo del turismo; b) la resolución de problemas con el método multicriterio y multiexperto ANP y su aplicación a casos semejantes; y c) el estado del arte de los casos de estudio.

A medida que se terminó el estado del arte se diseñó de forma definitiva cada caso de estudio de acuerdo a sus características particulares. Coordinado con los gestores públicos de los PN, se realizó un análisis de actores para definir qué participantes deben integrarse en los casos. Se definieron los canales de participación, se determinó la planificación detallada de cada caso de estudio, los indicadores de mejora de la gestión y de seguimiento de los resultados del proyecto, las reuniones de coordinación general, etc. También se concretó el plan de contingencia en caso de que alguna actividad no se desarrollara como se esperaba.

En la segunda fase, los casos de estudio se desarrollaron tan sincrónicos como fue posible para una coordinación más eficiente y ágil. Se empezó con formación en ANP y entrenamiento en el uso de la herramienta. Se constituyeron paneles de actores que, pendiente del diseño de detalle de cada caso, contaron con representantes de:



- los empresarios del turismo,
- las comunidades locales,
- los turistas,
- las ONG ambientalistas y sociales y
- los gestores del PN.

Cada panel de actores analizó y parametrizó su caso de estudio. Así, la solución del ANP se realiza mediante discusión en grupo o cuestionarios que permiten establecer los objetivos de cada caso de estudio, evaluar las relaciones de influencia entre los elementos de la red y evaluar la influencia de cada elemento de la red en sí mismo. De acuerdo con estos resultados y mediante matrices estocásticas, se acaba priorizando los elementos de la red: criterios y alternativas de acción. Esta priorización permite tomar mejores decisiones por cuanto indica qué actores son más influyentes en el cumplimiento de los objetivos del caso de estudio, qué acciones son preferidas para ello, y qué criterios son los más importantes y se deben elegir como claves para el seguimiento y la evaluación.

La fase tres comenzó con la puesta en común, análisis y discusión de los resultados de los tres casos de estudio. Se compararon los valores finales pero también las dinámicas, las posibles correlaciones entre los resultados y las modificaciones en el ANP para cada caso, así como los factores externos como cultura local, plazos, características de los PN, etc. La ventaja de los modelos de ANP es que todos los resultados son cuantificados favoreciéndose la comparación. Sin embargo, fue tan importante o más anotar todas las incidencias y descubrimientos que surgieron del proceso en sí, más allá de los resultados del ANP.

RESULTADOS

Resultados generales

En los meses que ha durado la intervención, en los tres casos de estudio, se han obtenido los siguientes resultados:

- Mejorar el conocimiento de las barreras y carencias de los gestores públicos de los PN.
- Ayudar a todas las partes a explicar mejor sus intereses, objetivos y propuestas. También a comprender mejor los intereses, objetivos y propuestas del resto de partes.
- Dotar a todas las partes de un procedimiento que guía y facilita el diálogo y la participación.
- Aumentar la autoridad moral de la gestión pública de los PN.
- Obtener propuestas de acción, seguimiento y evaluación de los proyectos de turismo en los PN que son mejor apoyados y aceptados por todas las partes.

E indirectamente, también se ha conseguido:

- Mejorar la capacidad de apoyo y formulación de proyectos de los investigadores colaboradores de la Universidad Metropolitana de Caracas (Venezuela) y de la Organización No Gubernamental Vitalis.



- Mejorar la capacidad y actitud hacia la toma de decisiones participativa de las instituciones de gestión de áreas protegidas INPARQUES (Venezuela) y SNAP (Ecuador).
- Ampliar el ámbito de aplicación de las herramientas MCDA multiexperto y, en particular, del ANP.
- Mejorar el estado del arte de la herramienta Analytic Network Process, en particular a lo referente a:
 - Simplificación de los modelos grandes (25 elementos del problema de decisión o más).
 - Adaptación a los métodos de mejora de la participación.
 - Agregación de los juicios en modelos multiexperto.
 - Evaluación de las relaciones entre participantes y búsqueda de consensos.

Resultados particulares

A fecha de escritura de este texto, los casos de estudio de Venezuela están notando las dificultades que atraviesa el país. El Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, tiene su actividad bajo mínimos puesto que el grueso de los recursos públicos están destinados a los asuntos económicos y políticos. No obstante, basado en los recursos de los investigadores, está en marcha un plan de seguimiento y evaluación del proyecto para comprobar que efectivamente mejora la colaboración entre los sectores público y privado. Pero se trata de un aspecto difícil de medir en su totalidad y menos a corto plazo.

Sí se ha medido la satisfacción de los participantes con el procedimiento en la intervención en Los Roques, que fue muy satisfactoria (García-Melón *et al.*, 2012). Se observó en los tres casos de estudio, un aumento de la participación que llevó a un aumento de la colaboración entre actores y a un mejor grado de consenso en torno a los resultados.

El Parque Nacional Waraira Repano

En concreto, en relación al parque Waraira Repano, se han identificado y priorizado las principales amenazas de acuerdo a los grupos de interés:

- Uso intensivo de algunas de sus áreas recreativas.
- Incendios forestales.
- Invasiones y asentamientos humanos ilegales.

Otras de las amenazas identificadas son (Díaz-Martín *et al.*, 2014):

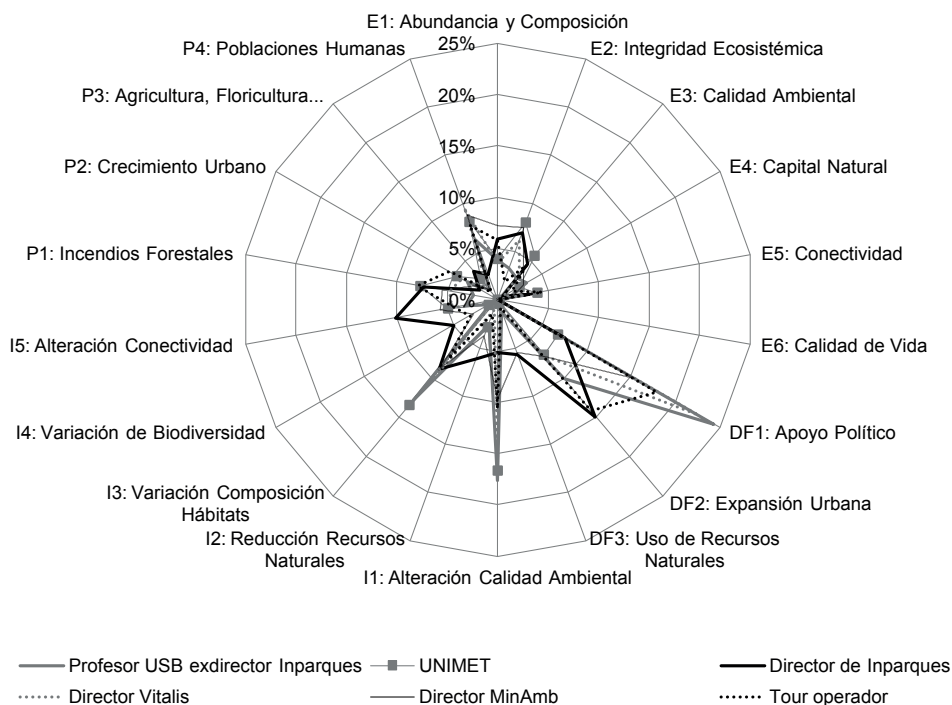
- Incendios forestales que arrasan con miles de hectáreas del parque al año, bien sea por condiciones antrópicas o naturales.
- Cambios de uso del suelo, por ampliación de la frontera agrícola.
- Efectos de borde por la expansión de las poblaciones aledañas al área protegida.
- Invasiones de especies exóticas al área protegida.



- Centralización de los recursos ingresados por la taquilla del parque, sin re-inversión en la misma área protegida.
- Propuestas de proyectos para modificar linderos del parque para la construcción de viviendas.
- Cacería ilegal.
- Mal manejo de los residuos y desechos sólidos.

La figura 5 muestra las opiniones de los participantes y la priorización de factores influyentes para la consecución de los objetivos de conservación del PN:

Figura 5.- Factores influyentes en la consecución de los objetivos de conservación del PN Waraira Repano para cada uno de los actores que participaron en el caso de estudio.



El Parque Nacional Archipiélago Los Roques

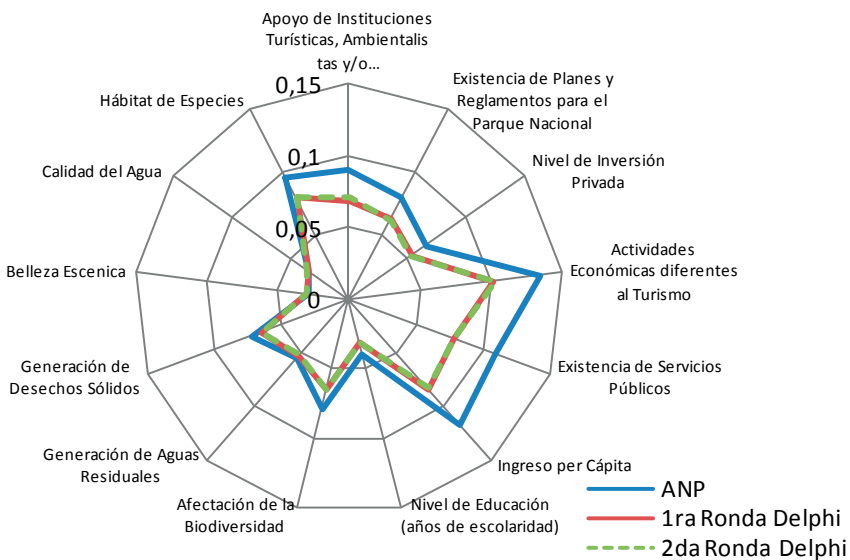
Durante la intervención en el Parque Nacional Archipiélago los Roques se han realizado mesas de trabajo para fomentar diálogos y procesos participativos. Entre otros resultados se han priorizado con cierto consenso los principales problemas del uso turístico del PN (García-Melón *et al.*, 2010):

- Inadecuada infraestructura turística.
- Poco conocimiento de las expectativas del turista.
- Manejo inadecuado de los recursos naturales.
- Fallas en los servicios públicos en el parque nacional.
- Falta de coordinación entre los operadores turísticos nacionales e internacionales.

Los expertos que participaron en representación de los actores fueron: un científico, el director del parque (Inparques), un empresario local un turista nacional, un turista internacional, un empresario de empresa turística externa, un habitante de las islas no implicado en el turismo, un miembro del ministerio de ambiente y un miembro de ONG ambiental.

La figura 6 muestra las preferencias agregadas de los ocho actores que participaron en este caso. La lista de factores son los considerados influyentes para la consecución de los objetivos de conservación del PN.

Figura 6. Factores influyentes en la consecución de los objetivos de conservación del PN Los Roques.



El Parque Nacional Cotopaxi

En relación al PN Cotopaxi, se realizaron también paneles de actores que trabajaron según las directrices del método. Los participantes consultados se mostraron muy satisfechos por los resultados obtenidos pues cada uno se vio representado en ellos en lo grupal y también sirvió para dejar fija su posición en lo individual. Todos los participantes indicaron que los instrumentos de recolección de información fueron muy precisos, de fácil comprensión y de una manera didáctica y que con lenguaje sencillo se trataron temas complejos. En

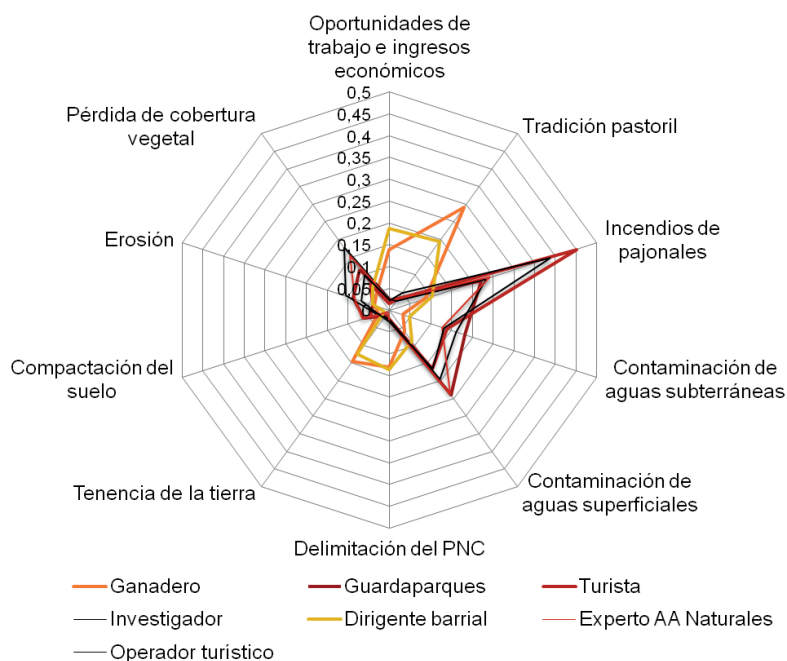


contraposición gran parte de los participantes indicaron que los cuestionarios eran muy largos, lo que se tradujo en la dedicación de un tiempo importante para su respuesta.

Desde el punto de vista de la investigación, esta herramienta permitió unificar criterios y lenguaje que propiciaron un levantamiento de información más efectivo entre los diferentes grupos de interés que manejan enfoques muy diferentes, a la par que permitió una discusión más rica con las partes en términos similares.

La figura 7 muestra los factores influyentes en la consecución de los objetivos de conservación del PN Cotopaxi, desagregados por participante.

Figura 7.- Factores influyentes en la consecución de los objetivos de conservación del PN Cotopaxi para cada uno de los actores que participaron en el caso de estudio.



CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una nueva metodología para promover el cumplimiento de los objetivos de conservación del parque nacional, así como para contribuir al desarrollo de un modelo de gestión que involucre a los principales grupos de interés en los procesos de toma de decisiones más importantes.

El proyecto ha permitido asimismo apoyar tanto las líneas de trabajo de los investigadores senior, como las tesis doctorales de los tres investigadores en formación (uno por cada caso



de estudio). Por tanto, los objetivos del proyecto se siguen persiguiendo y los resultados de las intervenciones se siguen evaluando.

Aprovechando las relaciones entre los investigadores de este proyecto y las organizaciones relacionadas con el manejo de AP en Latinoamérica, se están proponiendo nuevos casos de estudio para probar y mejorar la propuesta metodológica elaborada. El procedimiento basado en la inducción, requiere de suficientes casos de estudio para tener confianza en la generalidad de sus resultados. Si bien los objetivos perseguidos son interesantes y se espera contar con el apoyo de los gestores de áreas protegidas, en la práctica sus recursos son escasos.

Por último cabe destacar que el proyecto tiene una clara vocación científica y, por tanto, se están realizando actividades específicas de publicación y difusión. Concretamente se están enviando artículos a las revistas especializadas nacionales e internacionales más importantes y a los congresos especializados nacionales e internacionales más relevantes.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha recibido apoyo económico del Centro de Cooperación al Desarrollo de la Universitat Politècnica de València (programa ADSIDEO-Cooperación 2011). Ha recibido asimismo el apoyo de la ONG Vitalis de Venezuela. Finalmente nuestro agradecimiento al Lcdo. Francisco Pardavila Pino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acerenza, M. (2007). *Desarrollo Sostenible y Gestión del Turismo*. Ed. Trillas, México.
- Ballantyne, R., Packer, J., Hughes, K. (2009). Tourists' support for conservation messages and sustainable management practices in wildlife tourism experiences. *Tourism Management*, 30: 658–664. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2008.11.003>
- Bottero, M., Mondini, G., (2008). An appraisal of analytic network process and its role in sustainability assessment in Northern Italy'. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 19(6): 642-660. <http://dx.doi.org/10.1108/14777830810904885>
- Branquart, E., Verheyen, K., Latham, J. (2008). *Selection criteria of protected forest areas in Europe : The theory and the real world*. *Biological Conservation*, 141: 2795-2806. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.08.015>
- Díaz-Martín, D., Acuña, S., Gómez-Navarro, T. (2008). Bases para la definición de indicadores de ecoeficiencia en los Parques Nacionales marino-costeros de Venezuela. En: *VI Congreso de Investigación y Creación Intelectual de la Universidad Metropolitana*. 247 pp.
- Díaz-Martín, D., Martínez, Z., Yerena, E., Novo, I., Trabucco, J., Febres, M, Frontado, Y. (2007). Semáforo de Parques Nacionales de Venezuela. *Memorias del III Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y otras Áreas Protegidas*, Bariloche – Argentina.
- Dudley, N., ed. (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*, IUCN World Commission on Protected Areas; Spain, Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente; Biodiversity Foundation – Gland; UICN.



- Ervin, J. (2003). Rapid Assessment of Protected Areas Management Effectiveness in Four Countries. September 2003, *BioScience*, 53(9): 833. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0833:RAOPAM\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0833:RAOPAM]2.0.CO;2)
- Ervin, J., Gidda, S., Salem, R., Mohr, J. (2008). The PoWPA – A review of global implementation. *Protected Areas Programme, Parks*, 17(1): 4-11.
- García-Melón, M., Gómez-Navarro, T., Acuña-Dutra, S. (2010). An ANP approach to assess the sustainability of tourist strategies for the coastal national parks of Venezuela, *Technological and Economic Development of Economy*, 2: 39-49. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/tede.2010.41?journalCode=tted20>
- García-Melón, M., Gómez-Navarro, T., Acuña-Dutra, S. (2012). A combined ANP-delphi approach to evaluate sustainable tourism. *Environmental Impact Assessment Review*, 34: 41-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2011.12.001>
- Gómez-Navarro, T., García-Melón, M., Acuña-Dutra, S., Díaz-Martín, D. (2009). An environmental pressure index proposal for urban development planning based on the analytic network process, *Environmental Impact Assessment Review*, 29(5): 319-329. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2008.10.004>
- Hayes, T. (2006). Parks, People, and Forest Protection: An Institutional Assessment of the Effectiveness of Protected Areas. *World Development*, 34(12). <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.03.002>
- Hockings, M., Stolton, S., Leverington, F., Dudley, N., Courrau, J. (2006). *Evaluating Effectiveness: A framework for assessing management effectiveness of protected areas*. 2nd edition. Gland y Cambridge: UICN. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2006.PAG.14.en>
- Hockings, M., James, R., Stolton, S., Dudley, N., Mathur, V., Makombo, J., Courrau, J. (2008). *Enhancing our Heritage Toolkit Assessing management effectiveness of natural World Heritage sites*. World Heritage Center. UNESCO, 108pp.
- Ibarra, P., Unceta, K. Eds. (2001). *Ensayos sobre desarrollo Humano*. Icaria.
- INPARQUES (2009). *Atlas de las Áreas Protegidas de Venezuela*. Tomo 1, 10 Parques nacionales. Elaborado por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. 284pp.
- Kaltenborna, B., Nyahongob, J., Kidegeshoc, J., Haaland, H. (2008). Serengeti National Park and its neighbours – Do they interact? *Journal for Nature Conservation*, 16: 96-108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2008.02.001>
- Kelly, J., Haider, W., Williams, P., Englund, K. (2007). Stated preferences of tourists for eco-efficient destination planning options, *Tourism Management*, 28(2): 377-390. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2006.04.015>
- Lockwood, M. (2010). Good governance for terrestrial protected areas: a framework, principles and performance outcomes. *Journal of Environmental Management*, 91(3): 754-766. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.10.005>
- Peris-Blanes, J., García-Melón, M., Gómez-Navarro, T., Calabuig, C. (2012). *Prioritising local agenda 21 programmes using analytic network process. A Spanish case study*, Sustainable development.
- PNUD. (1992). *Informe sobre el desarrollo humano*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Humano.
- Saaty, Th. (2001). *Decision Making with interdependence and feedback. The Analytic Network Process*. Pittsburgh: RWS Publications.



- Tallis, H., Levin, P., Ruckelshaus, M., Lester, S., McLeod, K., Fluharty, D., Halpern, B. (2010). The many faces of ecosystem-based management: Making the process work today in real places, *Marine Policy*, 34(2): 340-348. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2009.08.003>
- VITALIS (2014). *Situación Ambiental de Venezuela 2013. Análisis de Percepción del Sector*. Editores y Compiladores: D. Díaz Martín, Y. Frontado, M. Da Silva, A. Lizaraz, I. Lameda, J. Apostólico y G. Suárez. 42 pp.
- WCPA-IUCN. (1998). Economic Values of Protected Areas, Guidelines for Protected Areas Managers. Series Editor, Adrian Phillips. Task Force on Economic Benefits of Protected Areas of the WCPA of IUCN. *Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 2*. Cardiff University and IUCN.
- Wiersma, Y., Nudds, T. (2009). Efficiency and Effectiveness in representative reserve design in Canada: The contribution of existing protected areas. *Biological Conservation*, 142: 1639-1646. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.034>
- Wolfslehner, B., Vacik, H. (2008). Evaluating sustainable forest management strategies with the Analytic Network Process in a Pressure-State-Response framework, *Journal of Environmental Management*, 88(1): 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.027>



LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES EN LOS ESQUEMAS DE COMERCIO JUSTO EN GUATEMALA: ACCIÓN COLECTIVA, GOBERNANZA Y CAPITAL SOCIAL

Dionisio Ortiz Miranda¹, Judith Márquez Climent² y Ana Moragues Faus³

(1) Grupo de Economía Internacional y Desarrollo, Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València

(2) Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València

(3) School of Planning and Geography, Cardiff University

RESUMEN

Este capítulo sintetiza los principales resultados de un proyecto de investigación financiado por el Centro de Cooperación al Desarrollo de la Universitat Politècnica de València, cuyo objetivo era analizar las dinámicas colectivas que se originan como consecuencia de la participación de los pequeños agricultores en las iniciativas de comercio justo. En concreto, se analizó el funcionamiento de dos tipos de organizaciones de productores de café en la provincia de Huehuetenango (Guatemala). Los resultados giran en torno a dos aspectos. En primer lugar, se caracterizan las distintas vías de comercialización del café que coexisten en los casos de estudio, así como las interrelaciones que existen entre ellas y cómo funcionan los sistemas de incentivos que utilizan tanto las propias organizaciones como los intermediarios individuales. En segundo lugar, se analizan los cambios productivos promovidos desde las organizaciones de productores –en particular la adopción de la producción ecológica– y los principales obstáculos que éstos han encontrado. En ambos aspectos se pone de manifiesto el papel que juega el diferente nivel de capital social en el funcionamiento de estas organizaciones.

INTRODUCCIÓN

Justificación y objetivos del proyecto de investigación

La pobreza rural continúa siendo un problema central en los países en desarrollo. Pese a la moderada tendencia de urbanización de la pobreza apreciada en la última década, las estimaciones del Banco Mundial (World Bank, 2007) y del IFAD (2010) siguen situando en las zonas rurales a un 75% de las personas en situación de pobreza de estos países, con tasas de incidencia entre la población rural del 30%, si consideramos la línea de pobreza de 1 dólar/día, y de 70% para la línea de 2 dólares/día.



En este contexto es donde se sitúa el interesante debate reciente sobre las posibilidades y los problemas de las distintas 'vías de salida' de la pobreza rural, que sigue considerando básica la 'vía agrícola', apoyada en la producción agraria a la que de forma más o menos intensa se dedica la gran mayoría de esa población rural pobre (Arnalte, 2009). La publicación del Informe 2008 del Banco Mundial bajo el lema 'Agricultura para el Desarrollo' contribuyó también de forma significativa a colocar a la agricultura en una posición destacada dentro de las agendas internacionales para el desarrollo. Se produce así una renovada atención a los pequeños agricultores tanto en el marco de las acciones de las agencias públicas de desarrollo, como en las actuaciones de organizaciones privadas (ONG, Fundaciones, etc.).

Es en este marco de análisis sobre las posibilidades de esa 'vía agrícola' de desarrollo, donde se sitúa, como objetivo bien definido de las políticas, la mejora del acceso de los pequeños agricultores a los mercados. Como respuesta a este reto, surgen los esquemas de comercio justo como vías alternativas a los canales comerciales y las reglas de mercado convencionales. La finalidad, como es bien sabido, es garantizar una remuneración justa, adecuada y segura a los pequeños productores de los países en desarrollo, así como generar unas dinámicas favorables para el desarrollo de las comunidades rurales –en parte gracias a las primas adicionales que los productores reciben para impulsar proyectos en este sentido. Desde su origen, el comercio justo ha experimentado una continuada expansión. Según datos de *Fairtrade International* (la principal organización internacional de certificación de este tipo de comercio), 1'2 millones de productores en 58 países estarían participando en estos esquemas.

Un elemento clave de la modalidad de comercio justo radica en el papel que desempeñan las organizaciones de productores (cooperativas en numerosos casos) como agentes vertebradores de estas iniciativas. Así, Lyon (2007) destaca como uno de los principales éxitos de los esquemas de comercio justo su impacto en la emergencia y el fortalecimiento de los actores colectivos, incluso en contextos donde estas organizaciones tenían un menor grado de implantación (Moberg, 2005).

Asimismo, la agricultura, y particularmente la de los países del sur, ha de afrontar el enorme reto que los cambios ambientales globales están generando y amenazan con acentuar. La adaptación y la posible contribución de esta agricultura a la mitigación del cambio climático requieren un esfuerzo de investigación y, en particular, de apoyo a la capacitación de los productores más vulnerables, así como para el acceso a unos adecuados medios de producción. Sin entrar en los debates que giran en torno a la intensificación sostenible o la agroecología (como los dos grandes referentes mundiales de modelos de desarrollo agrario), de lo que cabe duda es de la necesidad de explorar y aplicar mecanismos que permitan a los pequeños productores del sur afrontar estos retos. En estas cuestiones también entran los diferentes sistemas de certificación de los productos agrarios, incluso los relativos al comercio justo.

A partir de estos aspectos, se desprenden cuatro cuestiones clave:

1. la actividad agraria sigue constituyendo una vía a la salida de la pobreza rural, sin embargo su desarrollo requiere, entre otras cosas, de un aspecto largamente olvidado en otras políticas y programas de desarrollo: mejorar las modalidades de acceso a los mercados para los pequeños productores;
2. es precisamente en este ámbito, una adecuada inserción en los mercados, donde inciden los esquemas de comercio justo, que persiguen convertir la actividad agraria de estos pequeños productores en motor del desarrollo comunitario;



3. la acción colectiva se erige como un aspecto básico para vertebrar un adecuado funcionamiento de este tipo de experiencias; y
4. el comercio justo se ha convertido en un eje fundamental de la actuación de numerosas ONGDs que, trabajando en esencia con esas organizaciones de productores, persiguen articular a través de él otro tipo de relaciones comerciales norte-sur.

Así, con estos planteamientos, este capítulo sintetiza los resultados principales del proyecto de investigación que, con el título *Los pequeños agricultores en los esquemas de Comercio Justo en América Latina: acción colectiva, gobernanza y capital social*, financió el Centro de Cooperación al Desarrollo (CCD) de la Universitat Politècnica de València (UPV) dentro de la convocatoria ADSIDEO-Cooperación de 2011. El objetivo principal del presente proyecto era analizar las dinámicas colectivas que se originan como consecuencia de la participación de los pequeños agricultores en las iniciativas de comercio justo. En este sentido se pretendía analizar el papel de estas dinámicas colectivas no sólo en el sostenimiento de diferentes iniciativas de comercio justo, sino también el papel que pueden jugar a la hora de contribuir en diferentes aspectos al desarrollo de las comunidades donde se insertan. En concreto, se pretendía que los resultados de la investigación identificasen algunas buenas prácticas en la gestión colectiva, así como posibles deficiencias o amenazas (por ejemplo derivadas de una fragmentación de la base social de las cooperativas).

Se trataba, en definitiva, de un objetivo relacionado con la lucha contra la pobreza y el hambre en un contexto (el de los pequeños productores rurales) especialmente vulnerable. Asimismo la finalidad que se perseguía era coherente con algunos de los objetivos recogidos en el Plan Director de la Cooperación Española para el período 2009-2012 (momento en que se redactó la propuesta inicial del proyecto). Así, en el marco del Sector 2 (Desarrollo Rural y Lucha contra el Hambre), se planteaba como segundo Objetivo Específico (OE) el fomento de los sistemas de producción sostenibles y el apoyo a pequeños productores, lo que requiere mejorar el acceso a los mercados (Anexo 3, pp. 43-44). De la misma forma, la mejora del conocimiento sobre las modalidades de acción colectiva más adecuadas para facilitar ese acceso a los mercados, respondía también al tercer OE del citado Sector, que incluía la promoción de la organización y el asociacionismo de la pequeña agricultura. Asimismo, la promoción del comercio justo aparecía explícitamente citada en dicho Plan como integrante del Sector 6 (Crecimiento Económico para la Reducción de la Pobreza).

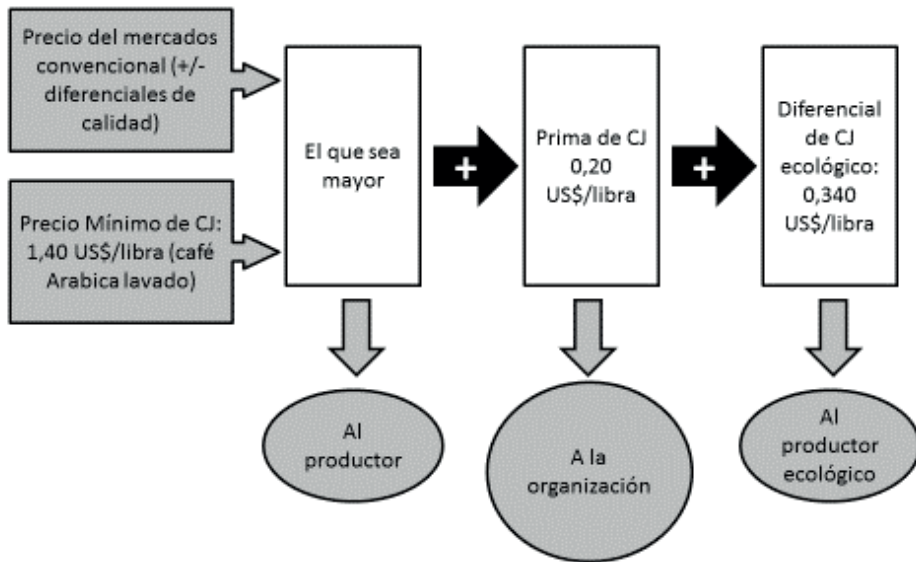
Es más, los objetivos de este proyecto se enmarcaban a su vez en los Objetivos del Milenio establecidos por la ONU. Por ejemplo, el estudio de las prácticas colectivas y sus efectos en el desarrollo de comercio justo encajaba en el ODM 1, en particular a la meta 1B en relación a la creación de trabajo remunerado de forma estable y justa, ya que el comercio justo asegura precios mínimos los cuales pueden consistir una importante herramienta que evite que dichos productores caigan en la pobreza. También, como se ha nombrado anteriormente, la incorporación de esquemas de comercio justo en muchas ocasiones lleva asociado la realización de ciertas prácticas medioambientales las cuales respondían al ODM 7. Por último el ODM 8, especialmente la meta 8B que propugnaba el desarrollo de un sistema comercial justo, estaba estrechamente vinculado con el ámbito de esta investigación. En conclusión, a través de este estudio sobre comercio justo se pretendía contribuir a la mejora y el fortalecimiento de los efectos positivos de este tipo de comercio sobre el desarrollo.

Una breve introducción al sistema de Comercio Justo: el caso del café

Antes de abordar el planteamiento y los principales resultados del proyecto de investigación, es imprescindible contextualizar el propio funcionamiento de este sistema de comercialización, centrándonos en el caso del café. Asimismo, se hace necesario presentar una síntesis de los resultados obtenidos por otras anteriores investigaciones que han abordado, desde diversas ópticas, los impactos de esta certificación sobre los colectivos de pequeños productores.

En primer lugar, la revisión documental abordó el funcionamiento (requisitos, estándares y procedimientos) del propio sistema de comercio justo y la existencia de diversos sistemas de certificación. Se prestó especial atención a la regulación de las relaciones comerciales y los compromisos contractuales entre los participantes (productores, cooperativas y organizaciones de productores, intermediarios, procesadores y distribuidores). El siguiente esquema sintetiza el funcionamiento del sistema de precios mínimos y primas de C.J.

Figura 1.- Sistema de precios mínimos y primas de C.J.

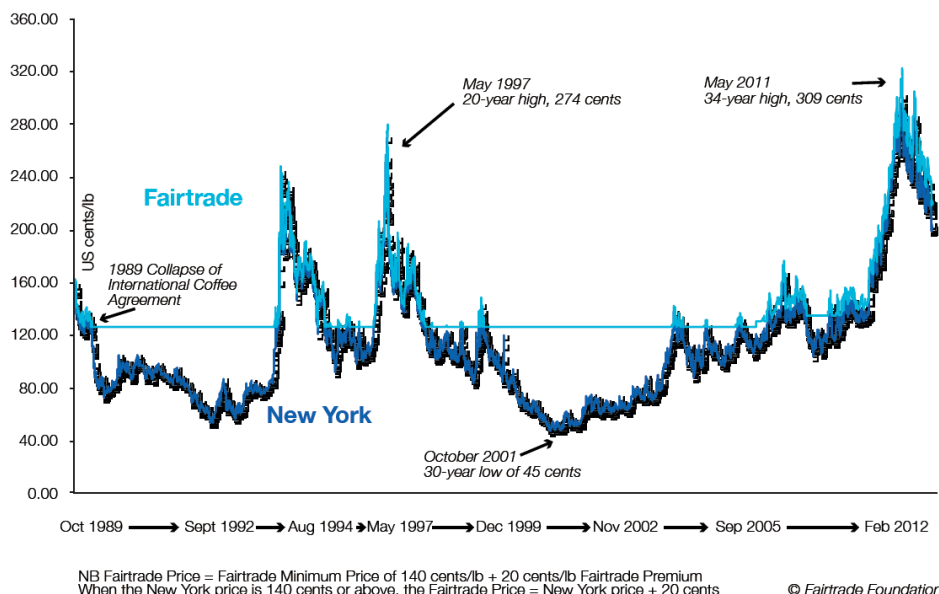


Fuente: Adaptado de *Fairtrade International* (2013).

Puede observarse en este esquema el papel que juega el precio mínimo como “colchón” de seguridad ante la disminución de los precios internacionales. La siguiente figura ilustra con claridad la evolución paralela de los precios internacionales del café y el precio de comercio justo desde finales de los años 80. Además de este precio mínimo, el sistema de comercio justo conlleva el pago de una prima adicional por parte del comprador que la organización destina a diversos proyectos comunitarios, al mantenimiento y desarrollo de la propia organización y, en los últimos años por imperativo de la propia certificación, a proyectos dirigidos a mejorar la capacidad productiva de los asociados.



Figura 2.- Evolución del precio (céntimos de US\$ por libra) del café arábica entre 1989 y 2012. Comparativa entre el precio Fairtrade y la bolsa de Nueva York.



Fuente: Fairtrade Foundation (2012) *Coffee commodity briefing*. Mayo 2012.

La certificación de CJ requiere, en el caso del café, que los productores estén asociados a una organización y que al menos la mitad de sus miembros sean considerados pequeños agricultores. Esto implica, según los estándares de FLO (Fairtrade International, 2011), que la mayoría del trabajo en la explotación sea realizado por los agricultores y sus familias y que no tengan trabajadores contratados de forma permanente durante todo el año. Este requisito no significa que no sea posible contratar mano de obra para la realización de tareas agrícolas de forma estacional. De hecho, es frecuente que incluso estas pequeñas explotaciones recurran a mano de obra asalariada para la recolección del café.

En segundo lugar, existe una rica literatura científica sobre los impactos del sistema de certificación de comercio justo en la mejora de los medios de vida y la disminución de la pobreza de los pequeños productores en los países del Sur.

La mayor parte de la literatura se centra precisamente en los productores de café y en Latinoamérica, el mismo ámbito productivo y regional de este proyecto. Esto supuso, simultáneamente, una ventaja –partir de un buen conocimiento previo sobre la realidad objeto de estudio– y un inconveniente –la dificultad de acotar preguntas de investigación que aportasen nuevos elementos a lo ya conocido. En síntesis, estos trabajos previos ponen de manifiesto como el CJ da lugar a una serie de beneficios para los pequeños productores, ya sea de forma directa (precios garantizados, acceso a créditos, formación en nuevos métodos de producción) e indirectos (proyectos comunitarios, aumento del capital social) (Taylor *et al.*, 2005; o Barham y Weber, 2012). Sin embargo, otros estudios también identifican algunas limitaciones en el impacto del CJ. Por ejemplo, el trabajo de



Méndez *et al.* (2010) en cuatro países centroamericanos no encontró correlaciones claras entre la participación en el CJ y los ingresos y ahorros familiares, la seguridad alimentaria, el acceso a la educación o una menor propensión a la emigración. Además, Wilson (2010) –basado en una investigación en Nicaragua– concluía que el CJ no estaba contribuyendo a resolver el problema de endeudamiento de los productores, atezados por lo que este autor denomina una “restricción simple de reproducción” causada por altos costes de producción y consumo, bajos rendimientos, altas tasas de interés y bajos precios del producto. En resumen, estos trabajos muestran que el impacto del CJ es evidente cuando los precios internacionales de los productos son bajos, es decir, cuando el sistema de precios mínimos juega como un colchón de seguridad (Bacon, 2005; Wilson, 2010). Ello explicó el crecimiento del tamaño de las cooperativas y organizaciones de productores durante los años de la denominada ‘crisis del café’ (con unos precios internacionales muy bajos consecuencia de la ruptura del Acuerdo Internacional del Café, ver más abajo figura 2), dado el papel esencial de éstas en el proceso de certificación (Valkila y Nygren, 2010).

EL PLANTEAMIENTO Y LOS PRINCIPALES RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En esta sección presentamos en primer lugar los casos de estudios en los que se llevó a cabo la investigación empírica y el proceso de obtención de información primaria. A continuación, sintetizamos los principales resultados obtenidos en relación a los dos aspectos principales en los que se centró el proyecto: (i) la coexistencia y las relaciones entre las distintas vías de comercialización del café y (ii) los cambios productivos promovidos desde las organizaciones de productores y los principales obstáculos que éstos han encontrado.

El planteamiento del proyecto

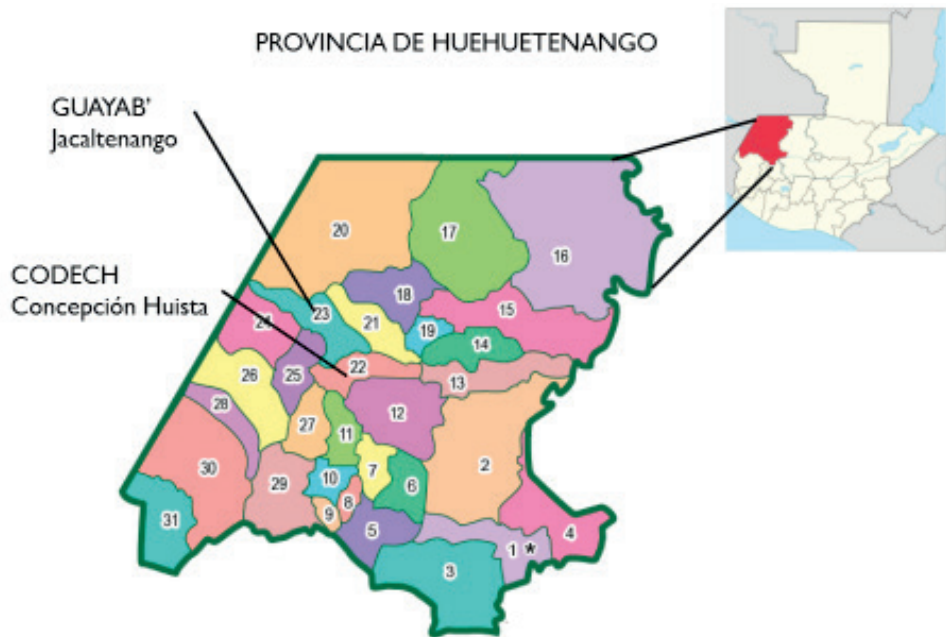
La selección de los casos de estudio para la realización del trabajo de campo y la investigación empírica contó con la colaboración de la organización OXFAM-Intermón, que mantiene relaciones con diversas organizaciones de productores en América, África y Asia. Finalmente, se seleccionó dos de las catorce organizaciones de productores que FLO certifica en Guatemala. Se trata de Guayab’ y CODECH, ambas localizadas en la provincia de Huehuetenango y dentro de la Cordillera de los Cuchumatanes (ver figura 3), la más alta de origen no volcánico de Centroamérica. Se trata de producción de café en sombra (ver fotografías 1 y 2), un tipo de agroecosistema de alto valor natural (Gliessmann, 2008) y reconocido por diversas certificaciones ambientales (Rainforest Alliance y Smithsonian Migratory Bird Centre).



Fotografías 1 y 2.- Producción de café en sombra.



Figura 3.- Localización de los casos de estudio.



Guayab' (que significa en lengua popti 'apoyo mutuo') está situada en Jacaltenango y tenía, en el momento del estudio, 447 miembros (277 caficultores y 170 productores de miel) organizados en torno a 43 grupos (productores pertenecientes a una misma comunidad). Por su parte, CODECH (Coordinadora de Organizaciones para el Desarrollo de Concepción Huista) es una organización de segundo grado, compuesta a su vez por siete organizaciones



de base, cinco de ellas de productores de café, otra de maestros y otra de mujeres. Esta organización agrupa en torno a 1.000 productores, 408 de ellos de café ecológico y el resto convencional.

Los productores tienen en su inmensa mayoría unas explotaciones de muy reducida dimensión, con un tamaño medio de una hectárea.¹ En ellas, domina el cultivo del café, que con frecuencia coexiste con parcelas de frijol y maíz para autoconsumo. Las familias pertenecen casi todas a la etnia *popti'*.

El proyecto estuvo sustentado en técnicas de investigación cualitativa, aunque se utilizó también información cuantitativa relativa a la composición de las organizaciones. La recopilación de información cualitativa se basó en grupos de discusión y entrevistas estructuradas que fueron grabadas y posteriormente transcritas. Los participantes en estas actividades fueron miembros y directivos de las organizaciones, así como personal técnico y de gestión. En total se realizaron 18 entrevistas en profundidad y 9 grupos de discusión. Asimismo, estas técnicas se complementaron con la realización de conversaciones informales durante las visitas a las instalaciones de las organizaciones y las explotaciones de algunos asociados. La primera fase del trabajo de campo se realizó en julio de 2012 y la segunda en junio de 2013.

Los temas abordados en entrevistas y grupos de discusión fueron (i) la estructura y las relaciones económicas en la cadena de valor del café (convencional y ecológico) en Guatemala; (ii) la historia, las relaciones internas y los mecanismos de gobernanza de las dos organizaciones objeto de análisis; (iii) las dimensiones técnica y agronómica de la producción de café y (iv) las motivaciones e incentivos de los productores respecto a sus decisiones de gestión y comercialización.

La coexistencia y las tensiones entre las distintas vías de comercialización

Buena parte de la investigación se centró en el análisis de las relaciones entre las diferentes formas de comercialización por las que optan tanto los productores a título individual como las propias organizaciones. En efecto, como parte de la literatura especializada ha puesto de manifiesto en otros contextos, una parte importante del café que se podría comercializar como CJ es vendido por las propias organizaciones de productores en los mercados convencionales (esto es, sin esa certificación) debido a la escasa demanda de café CJ. Además, es frecuente que los productores vendan parte de su producción (fuera de los canales de CJ) a intermediarios y comerciantes locales, que en determinados momentos del año pueden ofrecer precios similares (e incluso superiores, Valkila y Nygren, 2010) a los que obtienen como CJ y reducen algunos costes de transacción derivados de la comercialización a través de la organización (Mujawamariya *et al.*, 2013, Donovan y Poole, 2014). Sin embargo, estos mismos autores también ponen de manifiesto cómo estas prácticas de comercialización individual al margen de la cooperativa pueden dar lugar a problemas relacionados con el sobredimensionamiento de las instalaciones de las organizaciones y el incremento de su endeudamiento.

Además, en las organizaciones objeto de este estudio, esta situación genera algunos problemas para las organizaciones, ya que no pueden conocer bien con la antelación suficiente la cantidad y el tipo de café que tendrán que comercializar para así establecer los acuerdos con los compradores. Se ponía así de manifiesto la necesidad de conocer

¹ Guatemala es el país centroamericano donde las explotaciones de café son más pequeñas.



mejor la coexistencia de los diferentes canales de comercialización así como sus interdependencias, debido a sus implicaciones para el funcionamiento y la propia viabilidad de las organizaciones de productores.

La siguiente tabla muestra las diferencias que para los productores tiene comercializar el café a través de una u otra vía.

Tabla 1. - Comparación de las vías de comercialización del café para los productores.

Aspecto	Organización (CJ)	Intermediario (mercado convencional)
Precio	En condiciones normales de bajos precios del café en los mercados internacionales, el precio al productor es más elevado (precio mínimo CJ)	Si los precios del mercado convencional son altos, puede pagar un precio similar (o incluso superior) a las organizaciones
Momento del cobro	Puede darse en tres pagos parciales: 1. Posibilidad de crédito 2. Anticipo parcial en el momento de entrega en bodega 3. Liquidación final cuando la organización ha vendido y cobrado el café	En el momento de la compra. No hay anticipo de pago pero tampoco retraso a esperar que el café sea vendido por parte del intermediario Supone una disponibilidad de liquidez inmediata
Exigencias de calidad	Altas. La calidad del café es evaluada previamente	Bajas. Los <i>coyotes</i> compran todo el café, sin atender a parámetros de calidad. La segmentación de calidades se hace a posteriori por parte de los exportadores

Fuente: Extraído de Ortiz *et al.* (2013).

Esta relación de comercialización entre los productores y las organizaciones afecta de forma directa a las estrategias comerciales de esta última, pero tampoco pueden perderse de vista las necesidades de liquidez de los propios productores para hacer frente a sus necesidades vitales. Además, como los propios responsables de las organizaciones reconocen, esta relación se enmarca con frecuencia en un contexto de escasa auto-identificación de los asociados con la propia organización, con la que mantienen en ocasiones una relación casi exclusivamente utilitarista.

Con la finalidad de incentivar a los productores a que entreguen su café a las organizaciones, éstas usan un sistema de créditos que los asociados pueden obtener en el mes de julio, mucho antes de la época de cosecha (diciembre-febrero aproximadamente). Este crédito permite con frecuencia a los productores adquirir fertilizante necesario para incrementar sus rendimientos. Las organizaciones vinculan estos créditos a los compromisos a entregar el café en la época de cosecha, lo que permite tener una primera aproximación a la producción que podrán acopiar.

Los cambios productivos

La literatura especializada ha insistido también en la necesidad de trabajar en la introducción de cambios productivos que permitan incrementar los rendimientos de las explotaciones, en cuanto esta vía puede tener incluso más importancia que las primas de precios para aumentar los ingresos de los pequeños productores de café (Barham y Weber,



2012). En esta línea Fairtrade Internacional introdujo hace unos años la obligación de que al menos cinco de los veinte céntimos de dólar por libra de la prima social se inviertan directamente en mejoras productivas. Junto a este reto, las organizaciones analizadas han venido trabajando en los últimos años en promover la adopción de sistemas de producción ecológica por parte de sus asociados, debido a las mayores facilidades de comercialización de este café en los mercados internacionales.

Son numerosos los asociados de las organizaciones que no conocen o se identifican suficientemente con la certificación de CJ, lo que explica en parte una cierta falta de compromiso con las propias organizaciones y que las decisiones que toman sobre la comercialización del café sean, como se planteaba más arriba, excesivamente utilitarista. Sin embargo, esto no sucede con los productores ecológicos por varias razones. En primer lugar, son mucho más conscientes de lo que implica este tipo de certificación, dado que han de incorporar cambios productivos, reciben una prima específica por su producto y son objeto de un seguimiento más estrecho por parte de los técnicos de las organizaciones. En segundo lugar, desarrollan con frecuencia una identidad como productores respetuosos con el medio ambiente (ver también Valkila, 2009). En tercer lugar, se refuerza la interdependencia entre los productores y las organizaciones y se reducen los comportamientos oportunistas. Esto se debe a que, por un lado, las organizaciones están particularmente interesadas en el acopio de café ecológico dado que lo venden con facilidad en los mercados internacionales, y por el otro lado, la única forma que tienen los productores de vender su producto como ecológico y recibir un precio más alto es a través de las propias organizaciones ya que los intermediarios no discriminan positivamente este café.

Por todo ello, puede afirmarse que la producción de café ecológico, más allá de sus implicaciones económicas o comerciales, repercute directamente en la construcción de capital social en el seno de estas organizaciones. Sin embargo, la expansión de la producción ecológica encuentra algunas dificultades en la zona de estudio, y muestra que se ha alcanzado un cierto techo en el número de hectáreas y agricultores que realizan este tipo de manejo. La investigación ha puesto de manifiesto cómo son los productores con menor dimensión los que tienden más a adoptar este sistema productivo. Ello se debe fundamentalmente a que la fertilización orgánica requiere la utilización de un volumen muy superior de abono que la inorgánica, lo que supone la necesidad de transportar mucho peso a costas para acceder a unas parcelas que se encuentran en ocasiones a una considerable distancia de las carreteras más cercanas. Además en los últimos años, la incidencia de la roya ha afectado considerablemente a los cafetales de prácticamente toda América Latina, llevando a una importante reducción de rendimientos y pérdida de plantas. La cuestión aquí es que los métodos de lucha contra este hongo están aún poco desarrollados en el caso de los cafetales ecológicos, en los que la normativa impide la utilización de agroquímicos.

La producción ecológica ha significado también la introducción de otros cambios de gestión dirigidos a la reducción de la erosión (no olvidemos que se trata de zonas de montaña con cultivos en pendientes en ocasiones muy acusadas) mediante la implantación de 'barreras vivas' (estacas vegetales clavadas en las pendientes) y 'barreras muertas' (pequeños muros de piedra en los regueros), así como algún 'abancalamiento'. Otro cambio es la gestión de las 'aguas mieles' que se originan tras el lavado del café en las propias explotaciones, que se busca no lleguen a las corrientes de agua sino a pozos.



CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación han contribuido a poner de manifiesto una serie de cuestiones de relevancia. En primer lugar, reflejan cómo los mecanismos aislados del comercio justo (la posibilidad de obtener créditos para financiar la adquisición de insumos, los precios mínimos o las primas sociales) no han sido suficientes para asegurar una mayor implicación de los agricultores con sus organizaciones. Frente a ello, estas últimas han recurrido a dos tipos de estrategias. Por un lado ha apostado por reforzar ese vínculo a través de la prestación de servicios, particularmente el asesoramiento técnico. De hecho, cuando los productores son preguntados sobre cuáles son las principales ventajas de formar parte de la organización, éstos enfatizan la relevancia de tener acceso a la capacitación para la adquisición de nuevas competencias productivas. Esto se debe a que los cambios productivos repercuten de forma directa en mayores rendimientos y, en consecuencia, mayores ingresos. Además, este apoyo técnico mejora la calidad del café producido, lo que lleva a los agricultores a apostar más por la comercialización a través de las organizaciones, donde saben que esta calidad es más reconocida.

En segundo lugar, precisamente la mejora de la calidad del café (por ejemplo el producido ecológicamente) refuerza los vínculos entre los productores y las organizaciones, contribuyendo a la construcción de un capital social imprescindible para mitigar los problemas potenciales que afectan a estos actores colectivos (ver Borgen, 2004), reforzando la construcción de capital social debido a la necesidad de lazos de cooperación más fuertes (Martínez-Torres, 2008). Sin embargo, los condicionantes de la adopción de la producción ecológica parecen estar limitando esta vía de consolidación de las organizaciones. Por otro lado, las organizaciones están empezando a trabajar con la elaboración de lo que denominan micro-lotes, pequeños lotes de café obtenidos en condiciones de altura muy similares y de alta calidad que pueden alcanzar mayores precios en el mercado. Sin embargo, los responsables de las organizaciones con consciencia de que esta estrategia puede contribuir a fragmentar aún más su base social (unos productores son invitados a participar y otros no), lo que puede dar lugar a conflictos internos.

El desarrollo y la consolidación de las organizaciones de pequeños productores agrarios constituyen, sin lugar a dudas, uno de los principales éxitos del sistema de comercio justo. Además de las actividades relacionadas con el acceso colectivo a los mercados, las mejoras productivas o de calidad del café o el apoyo a la diversificación, estas organizaciones realizan otros proyectos comunitarios clave (como proyectos sanitarios o educativos). Sin embargo, todos estos impactos colaterales giran en torno a la comercialización del café, verdadera razón de ser de todo el sistema. En este sentido, este estudio ha puesto de manifiesto cómo esa actividad central se encuentra aún condicionada y limitada por problemas de acción colectiva y de incentivos insuficientes. Afrontarlos requiere reforzar la interacción con los productores. Como planteaba uno de los técnicos entrevistados, *"el secreto es que la cooperativa sea capaz de ofrecer buenos servicios [a sus asociados]. La lealtad no llega sola"*.

VALORACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO

La realización del proyecto que aquí presentamos ha derivado, más allá de la obtención de los resultados de la propia investigación (ver además Ortiz *et al.*, 2013; Márquez y Ortiz, 2014 y Ortiz y Moragues, 2015) y de la experiencia personal que ha supuesto para los



miembros del equipo, en una serie de impactos en diversos ámbitos de la actividad de los participantes.

En primer lugar, ha permitido establecer un espacio de colaboración entre los investigadores y organizaciones que trabajan en el ámbito del comercio justo que trasciende la ejecución del proyecto. Esto se ha materializado en la participación de algunos de los investigadores en diversas actividades de formación y sensibilización organizadas por OXFAM-Intermón, la organización en la UPV de la mesa redonda "Agricultura, lucha contra la pobreza y desarrollo", en colaboración con la campaña CRECE de esta misma organización o la contribución al informe "El Comercio Justo en la Comunitat Valenciana", elaborado por el Grupo de Trabajo de Comercio Justo de la Coordinadora Valenciana de Organizaciones No Gubernamentales. De igual modo, dentro ámbito de la propia UPV, entendemos que el desarrollo de esta línea de investigación ha contribuido en algo a las actividades de formación y sensibilización del propio Centro de Cooperación al Desarrollo de la UPV en relación al comercio justo y el consumo responsable.

En segundo lugar, el aprendizaje adquirido a lo largo del proyecto se ha mostrado útil en relación a la actividad docente de los investigadores. En efecto, los diferentes elementos que confluyen en la investigación (acción colectiva y gobernanza de las organizaciones de productores, implicaciones ambientales de los distintos modelos productivos o los análisis de la cadena de valor) han sido de enorme utilidad en el ámbito de las asignaturas en las que los miembros del grupo participan en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Es más, estas cuestiones serán particularmente relevantes en el marco de la especialización en 'Economía Agroalimentaria para del Desarrollo' que, dentro del Master de Ingeniería Agronómica, empieza a impartirse en el curso académico 2015/2016.

En tercer lugar, querríamos plantear una reflexión sobre la relevancia estratégica de este tipo de investigaciones, y particularmente de las acciones de apoyo que las posibilitan (como las convocatorias de proyectos ADSIDEO y otras ayudas a alumnos e investigadores relacionadas con la cooperación al desarrollo), para la propia universidad. No es difícil observar cómo las investigaciones relacionadas con el desarrollo en los países del Sur están lideradas con frecuencia por universidades y centros de investigación a los que pretendemos equipararnos (centros norteamericanos, centroeuropeos o británicos). Es además frecuente que estos centros envíen estudiantes de posgrado a realizar estancias de investigación en África o América Latina. Por lo tanto, tratar de emular este tipo de acciones, aunque sea a una menor escala, permite situarnos y hacernos visibles como universidad en un ámbito, insistimos, en el que están los mejores.

Es cierto que estos resultados 'colaterales' de la investigación se pueden dar en mayor o menor medida en otros proyectos. Sin embargo, el carácter específico de éste, centrado en cuestiones de desarrollo humano y lucha contra la pobreza y que ha permitido realizar investigación directa en un país del Sur, lo dotan de un potencial especial en los ámbitos arriba señalados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnalte, E. (2009). Agricultura para el desarrollo: el debate en torno al Informe 2008 del Banco Mundial. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 224: 125-152.



- Bacon, C. (2005). Confronting the Coffee Crisis: Can Fair Trade Organic and Specialty Coffees Reduce Small-scale Farmer Vulnerability in Northern Nicaragua? *World Development*, 33(3): 497-511. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.002>
- Barham, B.L., Weber, J.G. (2012). The Economic Sustainability of Certified Coffee: Recent Evidence from Mexico and Peru. *World Development*, 40(6): 1269-1279. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.11.005>
- Borgen, S.O. (2004). Rethinking incentive problems in cooperative organisations. *Journal of Socio-Economics*, 33: 383-393. <http://dx.doi.org/10.1016/j.socec.2004.04.010>
- Fairtrade Foundation (2012). *Coffee commodity briefing*. May 2012. http://www.fairtrade.org.za/uploads/files/Research/Facts_Figures/Coffee_Commodity_Briefing_Summary_May2012.pdf. Accessed June 2013.
- Fairtrade International (2011). *Fairtrade Standard for Small Producer Organizations*. Fairtrade International: Bonn (Germany).
- Fairtrade International (2013). *Fairtrade International Reference Guide on Prevailing Differentials*. http://www.fairtrade.net/fileadmin/user_upload/content/2009/products/2013-06-12_FLO-Ref_Guide-Differentials_Coffee.pdf. Accessed June 2013.
- Gliessmann, S.R. (2008). Agroecological Foundations for Designing Sustainable Coffee Agroecosystems. En Bacon, C.M., Méndez, V.E., Gliessman, S.R., Goodman, D. y Fox, J.A. (Eds) (2008). *Confronting the Coffee Crisis Fair Trade Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mexico and Central America*. MIT Press: Cambridge Massachusetts. 27-41. <http://dx.doi.org/10.7551/mitpress/9780262026338.003.0002>
- IFAD (2010). *The Rural Poverty Report 2010*. International Fund for Agricultural Development. <http://www.ifad.org/rpr2011/background/index.htm>.
- Lyon, S. (2007) Maya Coffee Farmers and Fair Trade: Assessing the Benefits and Limitations of Alternative Markets. *Culture & Agriculture*, 29(2):100-112. <http://dx.doi.org/10.1525/cag.2007.29.2.100>
- Márquez, J., Ortiz, D. (2014). Los retos de la intensificación sostenible en la producción a pequeña escala de café de Comercio Justo en Guatemala. *X Coloquio Ibérico de Estudios Rurales*, Palencia.
- Martínez-Torres, M.E. (2008). The benefits and sustainability of organic farming by peasant coffee farmers in Chiapas Mexico. En Bacon, C.M., Méndez, V.E., Gliessman, S.R., Goodman, D. y Fox, J.A. (Eds) (2008). *Confronting the Coffee Crisis Fair Trade Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mexico and Central America*. MIT Press: Cambridge Massachusetts. 99-126. <http://dx.doi.org/10.7551/mitpress/9780262026338.003.0005>
- Méndez, V.E., Bacon, C.M., Olson, M., Petchers, S., Herrador, D., Carranza, C., Trujillo, L., Guadarrama-Zugasti, C., Córdón, A., Mendoza, A. (2010). Effects of Fair Trade and organic certifications on small-scale coffee farmer households in Central America and Mexico. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(3): 236-251. <http://dx.doi.org/10.1017/S1742170510000268>
- Moberg, M. (2005). Fair Trade and Eastern Caribbean Banana Farmers: Rhetoric and Reality in the Anti-Globalization Movement. *Human Organization*, 64(1): 4-16. <http://dx.doi.org/10.17730/humo.64.1.j8ad5ffqqktq102g>
- Mujawamariya, G., D'Haese, M., Speelman, S. (2013). Exploring double side-selling in cooperatives, case study of four coffee cooperatives in Rwanda. *Food Policy*, 39: 72-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.12.008>



- Ortiz, D., Moragues, A. (2015). Governing fair trade coffee supply: dynamics and challenges in small farmers' organisations. *Sustainable Development*, 23(1): 41-54. <http://dx.doi.org/10.1002/sd.1570>
- Ortiz, D., Moragues, A., Martínez, J.J. Fonsale, M., Ferrari, C. (2013). Comercio justo y gobernanza en las organizaciones de pequeños agricultores: dos estudios de caso en el café de Guatemala. *IX Congreso de Economía Agraria*, Castelldefels (Barcelona)
- Taylor, P.L., Murray, D.L., Reynolds, L.T. (2005). Keeping Trade Fair: Governance Challenges in Fair Trade Coffee Initiative. *Sustainable Development*, 13: 199-208. <http://dx.doi.org/10.1002/sd.278>
- Valkila, J. (2009). Fair Trade organic coffee production in Nicaragua – Sustainable development or a poverty trap? *Ecological Economics*, 68: 3018.3025.
- Valkila, J., Nygren, A. (2010). Impacts of Fair Trade certification on coffee farmers, cooperatives, and laborers in Nicaragua. *Agriculture and Human Values*, 27: 321-333. <http://dx.doi.org/10.1007/s10460-009-9208-7>
- Wilson, B.R. (2010). Indebted for Fair Trade? Coffee and crisis in Nicaragua. *Geoforum*, 41: 84-92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.06.008>
- World Bank (2007). *World Development Report 2008. Agriculture for Development*. Washington, D.C.



ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA HABITACIONAL DE TIERRA EN EL ALTO ATLAS SEPTENTRIONAL. MIDELT (MARRUECOS)

Pablo Rodríguez-Navarro y Teresa Gil Piqueras

Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio, Universitat Politècnica de València

RESUMEN

El presente capítulo muestra una síntesis de la aproximación, progreso y resultados del proyecto I+D ADSIDEO-Cooperación 2011 de la Universitat Politècnica de València, desarrollado dentro de la provincia de Midelt (Marruecos) durante el periodo 2011-2013. La investigación se centró en el estudio de la arquitectura habitacional formada por 30 pequeñas ciudades de tierra cruda amuralladas denominadas ksar (ksour pl.), que se sitúan a lo largo de los 14 km que el río Outat tiene entre su nacimiento y la ciudad de Midelt. El estudio ha abarcado desde las fuentes documentales hasta las propias construcciones que aún perduran, realizando una aproximación a base de escalas que empezaron por el territorio y el paisaje, siguiendo por la escala urbana, y llegando al detalle de la propia construcción. El proyecto se vio necesariamente ampliado en sus objetivos al tratar de primera mano los problemas sociales, incorporando nuevas actividades para la valorización propia de los habitantes, así como para el estímulo en la formación relacionada con este corpus edilicio y con el emprendedurismo.

INTRODUCCIÓN

En el año 2008, un equipo de profesores de la *Universitat Politècnica de València* (UPV), iniciamos una investigación sobre la arquitectura de tierra de Marruecos que, tras varios años de trabajo sobre los antecedentes, la necesidad, el enfoque y la logística, finalmente se materializó en el año 2011 con la concesión del proyecto: *Estudio de la arquitectura habitacional de tierra en el Alto Atlas septentrional. Midelt (Marruecos). Categorización, sostenibilidad y puesta en valor del patrimonio arquitectónico para contribuir a la descentralización y al desarrollo sostenible*; del Programa ADSIDEO-Cooperación 2011 de la UPV. La experiencia adquirida en actividades previas, la organización de talleres, workshops y seminarios relacionados con esta temática, y el conocimiento y las necesidades de la zona, adquiridos previamente, nos permitieron seguir una metodología clara y precisa, basada en la sensibilización y el respeto a la población local y a su cultura. Con esta premisa, y bajo el marco específico que nos daba el proyecto, comenzamos nuestra investigación en Marruecos.

El ámbito geográfico del proyecto se centró en el valle del Outat, situado en el área nororiental del Alto Atlas, gran macizo montañoso que forma parte de una de las cuatro barreras naturales que recorren el territorio marroquí de Oeste a Este, dividiendo al país en dos áreas completamente distintas. Esta grandísima cordillera está repleta de pliegues

montañosos, consecuencia de los grandes desniveles existentes entre sus innumerables macizos y valles profundos y estrechos que allí se generan. La altitud máxima nos la da el Jbel Toukbal con 4.165 m., ubicado al oeste, siendo en la zona objeto de la investigación el Jbel Ayachi, el pico más alto, con 3.747 m. Esta cadena montañosa actúa de frontera natural entre el Marruecos mediterráneo y los oasis presaharianos, en los que encontramos innumerables ciudades fortificadas de tierra, conocidas mundialmente como puedan ser Ait Ben Haddou, Taurirt en Ouarzazate, o la Kasbah de Tamnougalt cerca de Adgz.

Fotografía 1.- Ksar Tissouit Sidi Hamza. Valle del Outat.



El valle del Outat, conocido antiguamente como Outat el Foukania o Outat Ait Izdeg, se prolonga por la cara norte del Alto Atlas hasta llegar a la meseta de Aghoudal en donde se encuentra la ciudad de Midelt, principal ciudad del valle, a partir de la cual reduce su amplitud a la mínima dimensión, manteniendo un curso serpenteante por la meseta hasta llegar al río Moulouya, antigua frontera natural entre territorio bereber y territorio ocupado en su momento por españoles, en donde el Outat vierte sus aguas. El río Outat, de caudal irregular y tipo estacionario, nace cerca del Jbel Ayachi, en los alrededores del *ksar* Tatiouine, y discurre en dirección norte a lo largo de algo más de 15 km., recogiendo el agua de pequeños cauces que llegan a él como son el del río Mimachoun o Tissouit que alcanzan al Outat antes de llegar a la ciudad de Midelt, o los ríos Bouymadwane y el Mnichelfane que se encuentran después de pasar éste por su casco urbano. A lo largo de



su recorrido, desde Tatiouine hasta Midelt, encontramos en sus márgenes una superficie de tierra fértil que ha sido ampliada gracias a la construcción de una amplia red de acequias que dirigen y suministran el agua por todo el valle, regando una gran extensión de área cultivable, principal medio de subsistencia de la población del valle. Ésta, de origen bereber o Amazigh (cuyo significado sería hombres libres), se agrupa en clanes o tribus, siendo fieles defensores de las tradiciones. Hoy día se puede decir que es una de las culturas más antiguas que aún se mantiene.

En esta zona el paisaje y la orografía son espectaculares, pues el límite sur del valle lo marcan el Jbel Ayachi que destaca notablemente sobre los 1.500 m. en los que se sitúa la ciudad de Midelt (شلديم) fundada a principios del siglo XX bajo la influencia del Protectorado francés, y que hoy en día ostenta el rango de capital de la provincia. La elección de este lugar para el asentamiento de la nueva ciudad se debió fundamentalmente a la gran cantidad de recursos minerales que poseía la zona y a la presencia de agua, garantizada todo el año por el río Outat. Las minas, de plomo, fueron explotadas por los franceses durante el Protectorado, estando hoy día abandonadas por los marroquíes dada su escasa rentabilidad. Sin embargo, la única característica por la que se conoce a Midelt es por el hecho de encontrarse en el centro de la ruta que une por el interior el norte con el sur del país, siendo un lugar de parada de muchos turistas antes de adentrarse en las gargantas del Ziz, único paso geográfico que permite la comunicación entre las dos laderas del Alto Atlas por el Este. Hasta el momento no existe ninguna información de la zona que haga referencia a su patrimonio cultural, más allá de que es una zona rica en minerales, tal y como lo atestiguan los diferentes comercios que los venden a la salida de la ciudad. Desde el año 1940 Midelt cambió la explotación minera por el cultivo de la manzana, que actualmente comercializa desde aquí a todo el país, siendo además el cultivo minifundistas de maíz, centeno, trigo y alfalfa el sustento principal de la población local. En general la economía del valle es fundamentalmente de subsistencia. Además algunos disponen de rebaños de ovejas que, en muchas ocasiones, no son de su propiedad sino que son pastores para un tercero que vive en otro lugar.

Hábitat en tierra cruda. El *ksar*

Al margen de la fundación de la ciudad de Midelt, el nacimiento del Outat como lugar de sedentarización se produce mucho tiempo atrás. Los peligros que desde ya antes del siglo XVI sufre el paso de Tizi n'Talghoumt por el que discurre la importante ruta comercial que une Fez con Sijilmassa, hacen que el paso de Tizi n'Tssardount, más al Oeste, adquiera gran importancia entre las tribus locales que buscando refugio en las montañas se desplazan por él en busca de nuevas oportunidades. La migración de los bereberes Ait Izdeg, se produce como consecuencia de dos factores importantes: la gran sequía que assoló el sur del país desde 1776 a 1782 obligó a muchos bereberes a buscar nuevos pastos para sus ganados,² y en aquel momento el Alto Atlas ofrecía áreas de cultivo y recursos hídricos abundantes; además las constantes luchas tribales que se producían en el sur hizo que muchos huyeran a las montañas buscando refugio³. A partir del año 1810, y tras la batalla de Dar Eddel

² Según tradición oral, en el año 1750 el sultán Moulay Abdellah decretó una carta de pastos que afectaba a las tierras existentes alrededor del Jbel Ayachi, teniendo como límites los siguientes pasos naturales: Tizi n'Talghemt, Tizi n-Tssedunt, Sidi Ali ou Abou, Tazrouft y el paso de Tizi n-Talghemt, en PEYRON, M. (1984). "Contribution à l'histoire du Haut-Atlas Oriental: les Ayt Yafelman", *Reveu de l'Occident musulman et de la Méditerranée*, nº 38, p. 126.

³ Ihrat-Aouchar, A. (1988-1989). "Communautés rurales de la Haute Moulouya du XVIIème siècle à nos jours. Administration locale et pouvoir central", *Hespéris Tamuda*, Vol. 26-27, Nº 1, Editions Techniques Nord-Africaines, Marruecos, p. 174.



contra los Ait Idrassen, los Ait Izdeg llegan al Outat haciéndose con el poder en la zona. A principios del siglo XIX se inicia la sedentarización en el valle del Outat pasando a estar habitado por dos tribus mayoritarias, los Ait Izdeg y los Ait Ouafella, a los que poco a poco se irán incorporando otras como los Ait Hdiddou, los Iguerrouane, los Ait Seghrouchen, los Ait Merghad,⁴ y algunos grupos de Judíos bereberes. A este respecto, Charles de Foucauld, quien visitó el valle del Outat durante los años 1883 y 1884, nos proporciona la primera referencia escrita sobre la ocupación del valle. Este aventurero recoge en su obra *Reconnaissance au Maroc* la relación de *ksour* existentes en ese momento a ambos lados del río, desde su nacimiento en Tatiouine hasta la zona del Midelt actual. Además nos proporciona, aunque de forma no demasiado científica, una primera idea de la magnitud y capacidad del *ksar*, ya que nos da el número de fusiles existentes en cada uno de ellos, refiriéndose con ello al número de hombres en edad de luchar.⁵ Lamentablemente y por motivos que desconocemos, a partir de las siguientes ediciones este capítulo desaparece, dejando esta arquitectura en la más profunda indiferencia y al margen de cualquier estudio hasta el desarrollo de la presente investigación.

La arquitectura que encontramos en el valle del Outat al igual que la del Sur, considerada por muchos autores como «una de las grandes riquezas culturales de este país⁶», atiende al concepto de fortaleza, estando construida con los materiales de su entorno inmediato. El valle se distingue por poseer una alta concentración de ciudades de tierra denominadas *ksar*, que se localizan a lo largo de toda su extensión, siendo un hecho muy particular ya que no se encuentra en ningún otro valle al norte de la gran cordillera. El *ksar* se caracteriza por ser un espacio urbano cerrado y fortificado, generalmente rodeado por una muralla, dotado de torres en las esquinas y en ocasiones en mitad de sus paños, al que se accede a través de una única puerta y en cuyo interior se alojan diversas familias, normalmente pertenecientes a la misma tribu o fracción, y en donde la vida en comunidad prima sobre el interés particular. En cuanto a los equipamientos urbanos, los *ksour* de grandes dimensiones están dotados de una serie de equipamientos de uso colectivo como son la mezquita, el hamman, etc. En cambio en los más pequeños estos equipamientos se reducen notablemente tanto en número como en medios, siendo en ocasiones imposible determinar su existencia, sobre todo si el *ksar* presenta un estado de ruina muy avanzado. Esto se da en el caso de algunas mezquitas de *ksour* pequeños en los que ésta llega a simplificarse hasta asemejarse a una pequeña estancia en la que una única marca en el muro este, indicando la *Qibla*, es capaz de determinarnos su existencia; y también en el caso de los *fonducs*, que a pesar de no existir formalmente en este valle, hemos podido confirmar por fuentes orales que su función se cubría empleando la propia entrada al *ksar* como lugar en donde dar cobijo a viajeros y/o comerciantes.

⁴ Los Ait Izdeg, los Ait Hdidou y los Ait Merghad, junto con los Ait Yahya, todas ellas tribus bereberes Sanhaja, formaban parte de la antigua confederación Ait Yafelmman creada entre 1645 y 1646 para luchar y darse protección frente a otras tribus más violentas como los Ait Atta, en Peyron, M. (1984). "Contribution à l'histoire du Haut-Atlas Oriental: les Ayt Yafelman", *Reveu de l'Occident musulman et de la Méditerranée*, nº 38.

⁵ Foucauld, CH. (1888). *Reconnaissance au Maroc 1883-84*, Challamel, París, p. 376.

⁶ Soriano Alfaro, V. (2006). *Arquitectura de tierra en el Sur de Marruecos. El Oasis de Skoura*, Col. Arquithemas nº 18, Fundación caja de arquitectos, Barcelona.



Fotografía 2.- Ksar Smoura. Valle del Outat.



Mientras en el suroeste del Alto Atlas estas ciudades han dado origen a la creación de rutas turísticas como es la conocida *La ruta de las 1.000 Casbahs*,⁷ en el lado septentrional esta arquitectura está prácticamente cayendo en el olvido, a pesar de la importancia que tuvo entre los siglos VIII y XVI con motivo de la existencia de la ruta comercial que unía Sijilmassa con Fez. Quizá el hecho de ser una zona interior, alejada de las zonas costeras y por tanto de los grandes núcleos urbanos, seguido del hecho de que los *ksour* de esta zona presentan un tipo de construcción más ruda y humilde, sean factores que hayan podido influir en la falta de la atención, el conocimiento y la difusión que merecen.

A diferencia de las ciudades de tierra que vemos en el área presahariana (Ouarzazate, Zagora, Skoura, etc.), aquí la arquitectura es mucho más tosca y natural, adaptada al medio agreste, aunque no por ello menos importante, atendiendo a aspectos de orden social, habitacional, defensivo, tecnológico, de adaptación al medio y al paisaje. En definitiva, se trata de una arquitectura orgánica, plástica y sostenible, que merece ser conservada y recuperada, empezando por la investigación y la posterior puesta en valor, tareas que no deben demorarse más en el tiempo. Las infraestructuras urbanas prácticamente no existen. La mayoría no tienen agua, sino que disponen de una fuente en el exterior de la población,

⁷ Mimó, R. (2009). *La Ruta de las 1000 Casbahs. Mapa cultural del Sur de Marruecos. Escala 1:400.000*, Editorial Piolet, Barcelona, 2009.



o la recogen directamente del río. Las más próximas a la ciudad suelen disponer de luz eléctrica, pero no todas. No existe red de alcantarillado ni cualquier otra infraestructura urbana. En cuanto a la red viaria, existe una pista de tierra siguiendo el curso del río, que se puede transitar salvo cuando la nieve la tapa. Otra dificultad añadida la tiene el último *ksar* llamado *Tatiouine* (nacimiento), ya que hay que vadear el río, no siendo aconsejable cuando viene crecido. No obstante la municipalidad intenta mantenerlo de forma que, salvo estas circunstancias comentadas, sea posible su tránsito.

Desde que Charles de Foucauld llegara al Outat en 1883 hasta nuestros días, prácticamente nadie se ha interesado por esta arquitectura⁸ que, poco a poco pero cada vez con mayor celeridad, está siendo abandonada y olvidada por los descendientes directos de aquellos que la construyeron, quienes además ven en esta arquitectura una regresión al pasado, al mundo rural y a la pobreza. Quizá el hecho de que éste se encuentre en un lugar de difícil acceso, pues se adentra en la montaña siguiendo un estrecho cauce hasta llegar a los pies del monte Ayachi, sea un motivo más para hacerles pasar desapercibidos; incluso hoy en día, a pesar de que Midelt, por su situación geográfica dentro de Marruecos, se encuentra en un lugar de paso obligado para los turistas que se desplazan al Sur por el interior del país, es difícil reparar en ellos, pues su acceso es a través de pistas de tierra apartadas de las carreteras convencionales.

A nivel de equipamientos e infraestructuras en lo que respecta a los *ksour*, poseen la particularidad de que ninguna de ellos dispone de agua potable, ni desagües, ni alcantarillado, a excepción de dos en lo que en estos años se ha intervenido dotándolos de estos servicios, con lo que ello supone. A pesar de ello, todos ellos tienen agua en sus proximidades, que reciben de alguna acequia construida para rodear al *ksar* por alguno de sus lados, y de fuentes públicas situadas cerca de sus puertas de entrada destinadas principalmente para uso de la comunidad. En lo que respecta a la electricidad, hoy en día todas ellas disponen de luz eléctrica, aunque algunas desde hace poco tiempo, como es el caso del *ksar* Tatiouine que posee electricidad desde el 14 de febrero de 2009. En relación a los servicios, decir que ninguna de ellas dispone servicios para la comunidad, teniendo que ir sus habitantes a la ciudad de Midelt. En cuanto a la red viaria que comunica todas las construcciones de tierra a lo largo del valle, fundamentalmente consiste en una pista de tierra, que la administración intenta mantener a pesar de los problemas que traen las fuertes lluvias y nevadas del invierno.

Los cambios producidos en los últimos años en las necesidades y forma de vida de la población local, están teniendo una repercusión muy importante sobre estas construcciones, ya que en muchos casos están siendo abandonadas por construcciones aisladas de nueva planta situadas en el extrarradio de estas ciudades. Este abandono redundará en una falta de mantenimiento y en definitiva en una aceleración insostenible del proceso de degradación. En la actualidad, el uso al que están destinados estos edificios en todos los casos es de tipo residencial doméstico (habitacional), estando algunas de ellos destinadas al almacenamiento de animales o incluso otras en completo estado de abandono, no reuniendo en todo caso los requerimientos mínimos para su habitabilidad.

⁸ Rodríguez-Navarro, P. y Gil Piqueras, T. (2012). "Inventario de los ksour del Valle del Outat en Marruecos", en *Earthen Architecture. Past, present and future*, Taylor & Francis Group. Balkema, Londres.



CONOCER PARA VALORAR

Afrontar el potencial de la zona, desde el punto de vista de su patrimonio ha implicado realizar un estudio en profundidad de los recursos tanto de tipo natural, como cultural y arquitectónicos. A lo largo del proyecto de investigación se ha venido llevando a cabo la labor de registro e inventario de todos estos recursos, centrándonos fundamentalmente en las ciudades de tierra del valle del Outat. El trabajo se inició en el año 2008. Durante esta primera expedición realizada por el Alto Atlas, localizamos un importante conjunto de ksour en el valle del Outat, que habían surgido de la sedentarización de los nómadas. La posibilidad de realizar un proyecto de investigación para la cooperación sobre una arquitectura que no ha sido alterada por intervenciones dispares, era una ocasión única para conocer los sistemas y métodos empleados en su diseño y construcción. Además en este caso, contábamos con la particularidad de ser las únicas construcciones de este tipo al norte del Alto Atlas. Son construcciones ejemplo de un hábitat sostenible, abaladas por los siglos, de donde podemos además obtener datos fundamentales y aplicables a las construcciones de hoy en día, y que a nuestra llegada denunciaban la necesidad de un estudio largamente esperado.

Tras una profunda búsqueda bibliográfica, observamos algunas referencias históricas y geográficas a este lugar debido a que este valle fue refugio de los *Ait Izdeg*, una de las tribus de más relevancia política y guerrera del Alto Atlas Oriental durante el siglo XIX. Del mismo modo, también observamos que no existía ningún estudio que profundizara sobre su arquitectura: como hemos dicho anteriormente, sólo Foucauld, y en menor medida Seconsaz, habían caído en su presencia, y siempre bajo el interés geográfico y militar del pueblo francés, interesado en el control de Marruecos. Partimos de estas fuentes como documentos base de nuestra investigación, aunque a partir de nuestro propio trabajo de campo pudimos comprobar que no todos los datos que recogían estos estudios eran fiables ni estaban completos, aunque reconocemos que para los medios con los que se afrontaron el resultado del trabajo fue muy meritorio, ya que los desplazamientos los hacían a caballo o a pie, la cartografía era inexistente y los medios en general eran mínimos. De sus obras se desprende que el recorrido lo realizaron por el curso del río, siguiendo el curso del agua, por lo que todos aquellos *ksour* fuera de esta ruta quedaron sin ser registrados. A pesar de ello el estudio de Seconsaz recoge datos sobre la población, el curso del río y el nombre de dos *ksour*, Berrum y Ait Ouafella, y el de Foucauld, mucho más amplio registra el nombre de 12 *ksour* (aunque llega a enumerar 16 *ksour*), de ahí que sea el que tomamos como referencia para esta investigación.

Fotografía 3.- *Ksar* Ait L'Qaid. Valle del Outat.





A partir de nuestra primera expedición, y a lo largo de las siguientes, nuestra intención fue localizar, visitar, referenciar y estudiar todos estos ksour, con el objetivo de elaborar un completo inventario del valle que ponga esta arquitectura dentro del mapa nacional en el lugar que merece, documentándola ante su proceso de deterioro, pero sobre todo dándoles a conocer a sus propios habitantes la riqueza cultural de este patrimonio, tan valorado por nosotros, occidentales, con la intención de que sientan interés hacia el legado de su cultura. En efecto, disponen de una arquitectura tradicional en tierra de uso habitacional y de aspecto monumental de grandísima belleza y gran valor cultural, que para sus habitantes significa el final de la cadena de los más desfavorecidos, de donde deben de salir como sea, aunque para ello inicien un viaje a ninguna parte en donde pueden llegar a poner su vida en juego. Esperamos que una vez conocido y recuperado su valor, el abandono sea menor y que por lo tanto su conservación sea más adecuada.

Con todo ello en 2011, plateamos como objetivo general del proyecto de I+D la activación de la economía local a través de la puesta en valor del patrimonio edificado, despertando el interés de la población bereber hacia su legado cultural, y haciéndoles partícipes en el proceso de catalogación y mejora del mismo, revertiendo en formación para consolidar el conocimiento adquirido y teniendo como propósito fundamental la erradicación de la pobreza.

Este objetivo se afrontó desde tres enfoques. Por un lado se planteó la categorización de la arquitectura habitacional de tierra en el Alto Atlas septentrional a través de su investigación histórica y formal, necesaria para su comprensión. Por otro lado se consideró fundamental el estudio de los restos materiales para poder avanzar en el conocimiento científico y técnico de las construcciones originales, necesario para avanzar en la investigación del hábitat sostenible actual, pudiendo aportar así mejoras en las actuaciones de consolidación y restauración llevadas a cabo. Por último, era necesario poner en valor este patrimonio arquitectónico a través de la difusión de los conocimientos adquiridos, redundando en la salvaguarda de este *corpus* edilicio. Para alcanzar estos objetivos planteamos los siguientes objetivos específicos:



Fotografía 4.- Ksar Ait Ouafella. Valle del Outat.



- Elaborar el inventario del patrimonio arquitectónico de tierra del valle del Outat, con el objeto de adquirir un conocimiento actualizado y preciso del número y estado general de las construcciones habitacionales que aún persisten.
- Realizar un catálogo documentado de las construcciones inventariadas, para racionalizar y formalizar toda la información obtenida, que partirá de los datos de campo a través de las pertinentes fichas y levantamientos gráficos, así como los posteriores análisis comparativos de las distintas tipologías arquitectónicas y sistemas constructivos.
- Iniciar estrategias para valorizar y difundir este *corpus* edilicio, fundamentadas en el estudio del ámbito geográfico de influencia directa, elaborando un mapa cartográfico del valle que recogiera la información sobre infraestructuras, servicios y equipamientos. Este mapa servirá de base para el desarrollo de posteriores mapas temáticos que recojan aspectos geográficos y culturales, que nos permitan plantear itinerarios para su conocimiento y puesta en valor.
- Sensibilizar a la población marroquí, y en especial a la bereber, del valor de esta arquitectura como signo de su identidad, logrando su participación activa en el proyecto, aspecto fundamental para la recuperación y puesta en valor efectiva.
- Y por último difundir los resultados a través de publicaciones y acciones de directas de formación tanto en España como en Marruecos.

Fotografía 5.- Ksar Ait Ouafella. Valle del Outat.



LA ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Tras el análisis de las diferentes metodologías de investigación en este ámbito llevadas previamente a cabo en el sur marroquí basadas principalmente en el conocimiento a través del inventario, catalogación y posterior análisis de los datos obtenidos, decidimos seguir su camino. Así, conscientes de que la mejor forma de avanzar en el tema de nuestra investigación era conocer de primera mano las construcciones, y sabedores también de que una vez frente a ellas la mejor forma de profundizar desde la globalidad hasta el detalle es a través del dibujo, se determinó como herramienta esencial el levantamiento gráfico. Pero a pesar de que el dibujo arquitectónico se nos muestra esencial, al igual que lo sería en su época de construcción, no puede tratarse aisladamente, requiriendo del análisis de los condicionantes sociales, y del apoyo que las fuentes escritas existentes pudieran aportar. Para ello se buscó en bibliotecas, repositorios, y espacios virtuales toda la información posible sobre el valle del Outat y su arquitectura. Tras una profunda búsqueda observamos, como intuimos en un primer momento, que apenas existe referencia al valle del Outat en libros, inventarios, artículos o trabajos de investigación y mucho menos de su arquitectura de tierra. Las únicas referencias halladas sobre la geografía y vida rural del valle nos vienen de la mano de autores locales. A este respecto también hay que decir que la reseña que hace Foucauld al valle del Outat, manual de referencia en otras áreas de Marruecos, sólo



aparece en la primera edición de su libro, habiendo desaparecido este capítulo de las ediciones posteriores por motivos que desconocemos. A nivel gráfico nos ha aportado valiosa información algunas postales antiguas, fruto de la época de ocupación francesa, aunque solo hacen referencia a los *ksour* más próximos a Midelt. Frente a todo ello la mejor información que obtuvimos nos la dieron los propios restos de la obra edificada, y sobre todo sus habitantes, quienes desde el primer momento se involucraron y participaron activamente en el proyecto, siendo de gran ayuda en el conocimiento e interpretación de todos los *ksour* del valle.

Al mismo tiempo ampliamos la investigación con nuevos conceptos metodológicos basados en el uso de la cartografía como elemento de enlace entre la arquitectura y el paisaje. Para ello era necesario obtener previamente una cartografía del lugar, ya que en ese momento disponíamos de la cartografía a escala 1:100.000, única levantada para la zona, requiriendo de una escala mayor que nos aproximara con mejores garantías al objeto de nuestro estudio.

El método de análisis propuesto ha sido el estructuralista, descomponiendo la totalidad formal en cada uno de sus elementos con el objeto de estudiarlos autónomamente, relacionándolos entre sí, para volver posteriormente a la unidad formal. Así la metodología partió del ámbito general hasta el particular siguiendo tres niveles de información: un primer nivel que hacía referencia al ámbito geográfico, en donde se analizaron los aspectos geográficos y culturales de influencia directa. Se desarrolló un mapa cartográfico base en donde situar los diferentes recursos. A continuación el segundo nivel, abarcó la investigación de todos los *ksour*, dentro de su entorno inmediato, aportando un primer diagnóstico de su estado actual. Por último, el tercer nivel abarcó el estudio comparativo de las diferentes unidades constructivas empleadas en los distintos tipos de *ksour*.

Hay que señalar que en nuestro trabajo de campo siempre nos ha preocupado más el *cómo hacer*, ya que somos conocedores de las dificultades que supondría el hecho de entrar "ocupando" un valle y cómo este tipo de «entradas», no sólo no habría beneficiado a la población local, sino que además habría desvirtuado toda la vivencia de nuestro equipo. Por tanto, todo el proceso de toma de datos se llevó a cabo contando en todo momento con la participación de la contraparte, y desde nuestro respeto hacia las personas y sus costumbres; sin hacerles sentir como objetos a investigar. Este criterio ha sido muy importante para nosotros, dedicándole todo el tiempo necesario para que nos conocieran, conocieran nuestro trabajo y lo que pretendíamos. Al respecto pensamos que si no hay participación ciudadana no hay concienciación, por lo que no podrán llegar a valorar su arquitectura como manifestación de su cultura. Este es el primer y más importante paso que podemos dar; recuperar su dignidad y reconocer los valores de sus manifestaciones. Realmente les resulta difícil valorar sus "viejas" casas de tierra, pero si ven que nosotros desde nuestra visión occidentalista y "desarrollada" nos sentimos atraídos por esta arquitectura, algo empieza a cambiar en su percepción.

A partir de aquí las fases de la investigación nos vinieron dadas por la propia metodología, y a su vez nos determinaron el plan de trabajo. Como ya hemos comentado la primera fase de la investigación la ocupó el estudio de las fuentes bibliográficas y cartográficas, fijando los límites geográficos de la actuación. Así mismo se contactó con el CERKAS (*Centre de Conservation et de la Réhabilitation du Patrimoine Architectural des Zones Atlasiques et Subatlasiques*), organismo dependiente del Ministerio de Cultura del Reino de Marruecos, para confirmar el inicio del proyecto.



La segunda fase la comprendía la toma de datos de campo. Para ello se previeron dos expediciones, una por cada año de duración del proyecto, con una duración mínima prevista para cada una de ellas de diez días, ya que se utilizaban dos días para llegar y dos días para volver, quedando seis días efectivos de trabajo en destino. Para afrontar esta fase con éxito fue necesario diseñar previamente unas fichas de catalogación en donde de manera metódica y ordenada se pudieran recoger todos los datos de cada una de las unidades de estudio, en este caso de cada uno de los *ksour*. En estas fichas contemplamos información sobre la denominación del asentamiento urbano, localización, grado de conservación, tipología, uso, infraestructuras urbanas, equipamientos, servicios..., es decir, toda la información geográfica y arquitectónica del lugar, haciéndose también referencia en ellas al entorno natural y cultural de afección más directa. Las fichas se completaron posteriormente con fotografías de gran uso en la toma de datos y necesarias para ilustrar el futuro catálogo. El trabajo de catalogación se completó con la toma de datos para el levantamiento gráfico de los *ksour* más interesantes y de sus unidades constructivas. Estos levantamientos pueden variar según la intencionalidad con que se afronten y como consecuencia del propio curso de la investigación, habiendo sido necesario en algunas ocasiones recurrir a levantamientos someros para observar sus trazas generales, mientras que en otras ocasiones se ha tenido que llegar al detalle de su topografía, planimetría y sistema constructivo. En esta fase consideramos muy interesante el estudio tipológico de la unidad habitacional dentro de estos *ksour*, es decir, el estudio de la vivienda tipo de cada *ksour*, pudiendo tener datos concretos de aplicación en la fase de análisis. Gracias a la estructuración del trabajo y a la concreción de los objetivos pudimos abordar con éxito esta fase, ya que disponíamos de poco tiempo en cada una de las expediciones.

La tercera fase correspondía al procesado de datos, labor necesaria tras cada una de las expediciones realizadas. Los datos de campo gráficos debían trasladarse a planos mediante el uso del dibujo informatizado. La metodología seguida en la elaboración de los datos fue muy variada, adaptándose en todo momento a los datos adquiridos en campo, recurriendo al uso de sistemas fotogramétricos en aquellos casos en los que suponía una aportación. Los datos alfanuméricos se procesaron generando una gran base de datos en donde quedó recogida toda la información obtenida, de cada una de las edificaciones.

En este momento ya disponíamos del estudio de las fuentes bibliográficas y de las fuentes materiales, es decir, de todos los datos necesarios para establecer relaciones entre los *ksour*, incluso su relación con el valle que las vertebra, por lo que estábamos en disposición de iniciar la cuarta fase, basada en el análisis y comparación de los datos obtenidos, permitiéndonos alcanzar una visión que irá de lo general a lo particular, del valle al *ksar*, y de éste a la propia casa y a su sistema constructivo. El levantamiento gráfico ordenado resultante del trabajo de campo, junto con las fichas de catalogación debidamente formalizadas, supone un documento de indudable valía para la puesta en valor de este patrimonio, que nos permitirá en un futuro establecer planes estratégicos de actuación con el fin de preservar y garantizar su conservación. Del mismo modo, el conocimiento del espacio geográfico del valle mediante la generación de diferentes mapas temáticos nos permitió, a través de los sistemas de información geográfica, generar recorridos óptimos por el valle con el objeto de dirigir a un futuro visitante en sus desplazamientos.



APORTACIONES A LA PUESTA EN VALOR DEL VALLE Y A SUS HABITANTES

A partir de los resultados obtenidos y de su análisis se fueron estableciendo conclusiones, tanto de manera parcial, a medida que avanzaba el trabajo, como de manera global, una vez valorados todos los aspectos estudiados. Por tanto, la quinta fase correspondió a la difusión de estos resultados, bien a través de artículos en revistas o comunicaciones en congresos, como a través de publicaciones, workshops, seminarios y jornadas.

Los resultados obtenidos a lo largo de la investigación han superado con creces nuestras expectativas iniciales. A lo largo del proyecto se ha podido documentar por primera vez el origen de la población asentada en el valle del Outat, generando un mapa territorial de tribus y asentamientos según épocas, además de un registro arquitectónico sus bienes. Además se ha elaborado un inventario del patrimonio arquitectónico de tierra del valle del Outat, con el objeto de adquirir un conocimiento actualizado y preciso del número y estado actual de las construcciones habitacionales que aún persisten. En este sentido se ha desarrollado más trabajo del previsto inicialmente, pues partíamos de la premisa de que en el valle existían un máximo de 16 *ksour*, los cuales finalmente y tras la investigación llevada a cabo en campo, han supuesto un total de 30 *ksour*, hasta el momento no documentados.

Fotografía 6. - Ksar Iguerrouane. Valle del Outat.



Tras este inventario, se ha realizado un análisis territorial, tipológico, constructivo y funcional de todas estas ciudades de tierra, realizando posteriormente análisis comparativos de las distintas tipologías arquitectónicas y sistemas constructivos. Con todo ello se ha dado paso a una posterior catalogación de las mismas a través de las consiguientes fichas de catalogación, que componen un completo archivo gráfico-documental del patrimonio edificado del valle del Outat, y que ha servido de base para el desarrollo de la publicación, de título *Arquitectura de tierra en Marruecos. El valle del Outat en el Alto Atlas*, publicada por la editorial Almed.

A lo largo del proyecto se han desarrollado diversos mapas temáticos que recogen aspectos geográficos, culturales y de servicios, así como posibles itinerarios para un futuro visitante



que quiera recorrer el valle, contribuyendo a su conocimiento y puesta en valor. Estos mapas, al igual que el resto del trabajo elaborado, ha sido difundido a través de artículos publicados en diversos congresos de ámbito internacional, espacios expositivos, así como a través de la ya comentada publicación del valle. Pero nuestra intención no sólo ha sido ésta, sino que también hemos tratado de difundir estos resultados dentro del ámbito académico de la universidad mediante la organización de conferencias, seminarios y jornadas, en las que no sólo hemos contado nuestras experiencias sino que hemos buscado la relación con otros actores vinculados al campo de la cooperación y de la conservación del patrimonio, enriqueciendo así su contenido. En el año 2012 realizamos un seminario a lo largo de todo el año, que llevó por título *Seminario Permanente 2012. Arquitectura de tierra en Marruecos. Patrimonio y cooperación*, en el que participaron ponentes de amplia experiencia en el ámbito del proyecto, venidos desde territorio nacional, así como desde Italia y Marruecos, y que fue financiado parcialmente mediante la *Ayuda a Actividades de sensibilización, educación para el desarrollo y participación social* del CCD de la UPV. En este sentido, también se han generado acciones al otro lado del *Estrecho* como es la conferencia que se impartió en la Escuela de Arquitectura de Tetuán, en el Instituto Cervantes en Tánger, o en la Escuela de Arquitectura de Rabat.

Finalmente, a partir nuestras propias experiencias personales y desde el respeto hacia esta población, pensamos que a través de este proyecto se ha contribuido desde el ámbito universitario al desarrollo humano, haciendo efectiva la puesta en valor de su patrimonio a través del estudio y la difusión de su arquitectura local, al tiempo que el hecho de hacerles partícipes en el proceso de inventariado, les ha hecho ver el valor de esta arquitectura como signo de su identidad, (algunos de ellos ni siquiera conocían otros poblados distintos al suyo a pesar de estar a pocos kilómetros de distancia unos de otros), aspecto fundamental para la recuperación y puesta en valor efectiva de esta comunidad.

A MODO DE REFLEXIÓN

Lo que pensamos que era un problema de patrimonio arquitectónico acabó siendo un problema de hábitat, con todo lo que ello conlleva. El *ksar* es el modelo de agrupación de viviendas y servicios para formar un hábitat sostenible, compacto, social, eficiente y funcional. Estas ciudades de tierra fueron construidas por la necesidad de habitar en comunidad pero no sólo por los servicios comunes, sino sobre todo para la defensa ante los ataques de otras tribus. Hoy en día ya no existen estas necesidades, aunque la mayoría de los *ksour*, es decir, de las ciudades de tierra, están habitadas por una tribu determinada, manteniendo su identidad. Esta falta de necesidad de vida en común, aun siendo un factor determinante, no ha sido bajo nuestro punto de vista el verdadero desencadenante de la situación crítica en que se encuentran estas ciudades, si no que la causa es la ausencia de posibilidades de prosperidad, que les lleva a que el sueño del progreso pase necesariamente por la migración a las grandes ciudades e incluso, en última instancia, a lograr el sueño de alcanzar la "Europa feliz".

La necesidad de una mínima prosperidad les es absolutamente necesaria porque esta migración, que no pasa siempre por irse a las grandes ciudades, es el primer y más importante desencadenante en el proceso de deterioro. Si nos fijamos en la población que queda residiendo en estos *ksour*, vemos cómo habitan ciudades de tierra que en pocos años se convierten en ruinas por la falta de mantenimiento de las casas abandonadas y cómo este abandono les afecta a su propia morada, provocando una segunda fase de abandono



del *ksar*. En este caso los que no pueden migrar por falta de recursos, al menos tratan de salir fuera del recinto del *ksar* donde se construyen una pequeña casa con materiales «modernos». Se encuentran en el absoluto convencimiento de que esas casas realizadas con bloques de hormigón, y no pensemos en los bloques que se fabrican en Europa sino que están realizados con muy poco cemento, sin una granulometría estudiada y con moldes que se rellenan y compactan a mano apoyados directamente sobre el terreno donde se secan al sol, son un paso para recuperar su calidad de vida, es decir, su dignidad. Un factor importante para este convencimiento lo han aportado los que han emigrado a Europa, que tienen la necesidad de volver como triunfadores aunque estén en algunos casos en peor situación que la que dejaron atrás. Estos inmigrantes que vuelven en vacaciones llevando sus coches y furgonetas cargados de formas inverosímiles, se construyen casas con estos materiales y con un estilo arabizado, fruto de los modelos que les llegan a través de la televisión, convirtiendo este hecho arquitectónico en signo de bonanza frente a los que aún habitan casas de tierra, por lo que el objetivo fundamental es salir del *ksar*.

Fotografía 7.- *Ksar* Tatiouine (izquierda). Hipótesis reconstructiva (derecha). Valle del Outat.



Llegados aquí todo parece estar perdido: gastan el dinero que tienen y el que no en hacerse una casa muy mal construida, con unos materiales de muy baja calidad, que no están capacitados para ofrecer las mínimas condiciones de habitabilidad para sus veranos de más de 40 grados y sus inviernos con copiosas nevadas y temperaturas bajo cero, pero que responden a los modelos de los triunfadores que habitan en tierras occidentales. Si pensamos ahora en esos gruesos muros de tierra del *ksar*, sancionados por su uso durante cientos de años y que se van desmoronando frente a ellos, ayudados también por los propios habitantes que se ven obligados a expoliar las viejas estructuras de madera, no para venderlas, sino simplemente para poder calentarse o cocinar, pero acelerando de este modo el proceso de destrucción completa, no podemos dejar de preguntarnos por qué salieron del *ksar*.

Pero a pesar de que la realidad social es compleja de entender, y más para nosotros, con nuestros modelos de lógica occidental, si indagamos en la memoria de nuestro país este mismo proceso ya lo vivimos en España en épocas pasadas, cuando la gente huía del mundo rural emigrando a las grandes ciudades en busca de nuevas oportunidades. Del mismo modo, en Marruecos este proceso comienza a desarrollarse a partir de 1956, con la independencia del país tras el fin del protectorado francés y español. A partir de entonces se inició un ciclo que llevó a las familias más pudientes residentes hasta entonces en las medinas, a trasladarse a los barrios residenciales hasta aquel momento ocupados por los



Europeos, provocando a su vez que la población residente hasta entonces en el ámbito rural se trasladase a las ciudades, ocupando las viviendas abandonadas de las medinas, lo que ha acabado generando multitud de problemas como son la alta densidad de ocupación de las viviendas, la falta de medios y de concienciación de mantenimiento, el chabolismo entorno a las ciudades... En el ámbito rural, y en concreto en la zona del Alto Atlas en donde hemos realizando nuestro proyecto, este hecho también se ha producido, aunque en este caso son los nómadas los que están «ocupando» las viviendas que aún no se han caído de los antiguos *ksour*, de modo que sin saber y sin oficio viven en ellas, en unas condiciones insalubres y poco seguras, hasta que ven que comienzan a caer, momento en el que se buscan nuevos lugares en donde alojarse, con el peligro que esto conlleva para sus vidas.

Al final nuestro proyecto se ha redirigido, o mejor dicho ampliado, quedando establecido en tres sentidos: la puesta en valor del hábitat tradicional que había sido el objetivo último de nuestro proyecto de investigación, la concienciación ciudadana sobre el intrínseco valor de su cultura y de sus obras, y la formación de algunos jóvenes en oficios de la construcción, que por otro lado son muy demandados en el valle. Pensamos que con estas acciones hemos iniciado un movimiento, hemos generado unas inercias que han replanteado la mirada hacia el hábitat y hacia la comunidad. De hecho, algunos de ellos han realizado mejoras de habitabilidad en sus casas. Incluso hay resultados gratificantes inesperados como es el caso de dos jóvenes que se han establecido como constructores, y otro que nos acompañaba habitualmente para localizar los distintos *ksour* a través de las pistas de tierra, indicándonos por donde debíamos vadear el río o que precauciones debíamos tomar. Este joven estuvo siempre interesado por ver qué es lo que hacíamos y estuvo atento a nuestras explicaciones. Estos conocimientos hicieron que más tarde tuviera al menos una ocupación ocasional ofreciéndose como guía turístico y acompañando en la visita del valle con explicaciones y valores que antes le eran desconocidos, recuperándolos de todo el tiempo vivido con nosotros.

Hay que pensar que nos estamos refiriendo a una situación de condiciones de vida extremas, pobreza, mal nutrición y futuro incierto. Por este motivo cualquier cosa que se haga, cualquier inercia positiva que se inicie por pequeña que sea, si es acertada supone un verdadero avance.



Fotografía 8.- Ksar Taâkit. Valle del Outat.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía General

- El-Bekri, O. (1040-1094). *Description de l'Afrique septentrionale*, traducido del árabe al francés por Slane, M.G., le baron, (1913), Typographie Adolphe Jourdan, Alger, Paris, en Terrasse, H. (1949). *Histoire du Maroc, des origines à l'établissement du Protectorat français*, Tomo I, Éditions Atlantides, Casablanca.
- Foucauld, Ch. (1888). *Reconnaissance au Maroc, 1883-84*, Paris: Challamel.
- Ibn Khaldoun, A. (1375-1379). *Histoire des Berbères et des dynasties musulmanes de l'Afrique Septentrional*, tomo I, traducido del árabe al francés por Slane, M.G., le baron (1863), Impr. du Gouvernement, Alger.
- Laoust, E. (1934). L'habitation chez les tranhumants du Maroc central. L'igerm, *Hespéris Tamuda*, Tomo XVIII, Paris. Larose.
- Mezzine, L. (1987). *Le Tafilalt : contribution a l'histoire du Maroc aux XVIIe et XVIIIe Siecles*, Publications de la Faculte des lettres et des sciences humaines, Serie Theses, 13, Rabat.
- Mouhib, M. (1999). *Midelt. Esquisses Historiques*, Dar al Hadaf, Midelt.
- Peyron, M. (1976). Habitat rural et vie montagnarde dans le Haut Atlas de Midelt (Maroc), *Revue de Géographie Alpine*, Tomo 64, n° 3.



- Peyron, M. (1984). Contribution à l'histoire du Haut-Atlas Oriental: les Ayt Yafelman, *Reveu de l'Occident musulman et de la Méditerranée*, 38.
- Raynal, R. (1961). La terre et l'homme en haute Moulouya, *Bulletin économique et social du Maroc*, Société d'Études Économiques, Sociales et Statistiques, Rabat.
- Seconzac, Mis. (1903). *Voyages au Maroc (1899-1901)*, Paris: Librairie Armand Colin, p. 178.
- Soriano Alfaro, V. (2006). *Arquitectura de tierra en el Sur de Marruecos. El Oasis de Skoura*, Col. Arquítemas, nº 18, Fundación caja de arquitectos, Barcelona.

Bibliografía derivada del proyecto

- Rodríguez-Navarro P., Fantini, F., Gil Piqueras, T. (2012). Integrated methodology for urban survey and representation of the Morocco's High Atlas earth architecture, *VSM 2012 Milano. Virtual Systems in the Information Society*, IEEE, (NY-USA), pp. 637-640.
- Rodríguez-Navarro, P., Juan Vidal, F., Gil Piqueras, T., Fantini, F. (2012). Earth construction techniques in the Northern High Atlas, Morocco, *Rammed Earth Conservation*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Balkema Books, London, pp. 569-574.
- Rodríguez-Navarro P., Fantini, F. (2012). The interpretation of archaeological persistence to generate digital 3D architectural typologies. The case of ksar Tatiouine in the Moroccan High Atlas, *Conference on Cultural Heritage and New Technologies*, 2012, Wien, pp. 326-335, ISBN: 978-3-200-02740-4.
- Gil Piqueras, T., Rodríguez-Navarro P. (2013). Habitat e territorio nel Alto Atlas orientale del Marocco, *Città e Territorio. Conoscenza, tutela e valorizzazione dei paesaggi culturali*, ed. Debatte/Centro Studi Città e Territorio, Livorno, Italia.
- Rodríguez-Navarro, P., Gil Piqueras, T. (2014). Inventory of Outat valley ksour, Morocco, *Earthen Architecture. Past, present and future*, Taylor & Francis Group. Balkema, London, pp. 317-322.
- Gil Piqueras, T., Rodríguez-Navarro, P. (2014). The Ksar Sidi Bou Abdellah in Mdagra Oasis, Morocco, *Earthen Architecture. Past, present and future*, Taylor & Francis Group. Balkema, London, pp. 169-174.
- Gil Piqueras, T., Rodríguez-Navarro, P. (2014). Ornamentación en tierra de los ksour del área oriental de Marruecos, *actas Congreso CIATTI 2014*, Valladolid.
- Rodríguez-Navarro, P., Gil Piqueras, T. (2014). Lectura e interpretación de la evolución urbana del ksar Tatiouine. Hipótesis reconstructiva, *XII Congreso de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación (APEGA 2014)*, Madrid, pp. 317-322.
- Rodríguez-Navarro, P. (ed.), (2014). *Cuatro conversaciones sobre arquitectura y cooperación*, Barcelona: Icaria Editorial, S. A.
- Rodríguez-Navarro, P. y Gil Piqueras, T. (2015). *Arquitectura de tierra en Marruecos. El valle del Outat en el Alto Atlas*. Granada: Ed. Almed.



Otras actividades derivadas del proyecto

Exposiciones

Rodríguez-Navarro, P., Gil Piqueras, M. T., Mateo Lajarín, M., Ramírez Rentero, A. (2012). Resultados del Workshop internacional de Paisaje y Patrimonio en el Sur de Marruecos, en *Exposición Edigráfica 2012, XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Valencia.

Rodríguez-Navarro, P., Juan Vidal, F., Gil Piqueras, M. T., Fantini, F., Mateo Lajarín, M., Balaguer Sanchís, L., Ramírez Rentero, A. (2012). Técnicas Constructivas en Tierra, en exposición del *Salón Tecnológico de la Construcción. EXCO 2012*. Valencia.

Organización de Jornadas

Rodríguez-Navarro, P., Juan Vidal, F. (dirección), Gil Piqueras, M. T., Fantini, F. (coordinación), (2012). *Seminario Permanente Arquitectura de Tierra en Marruecos*, Jornadas 1ª a 5ª, Universitat Politècnica de València, Valencia.

Rodríguez-Navarro, P., Juan Vidal, F. (dirección), Gil Piqueras, Casar Furió, M.E., Lillo Giner, S. (coordinación), (2012). *6ª Jornada sobre Patrimonio y cooperación: El hábitat como fortalecimiento social en áreas subdesarrolladas*, Programa de Educación para el Desarrollo, Sensibilización, y Participación Social, Centro de Cooperación al Desarrollo, Universitat Politècnica de València, Valencia.



CREACIÓN DE UN OBSERVATORIO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA DE BOLIVIA

Juan Ignacio Torregrosa López y Vanesa Lo Iacono Ferreira

Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental, Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Universitat Politècnica de València

RESUMEN

En este documento se resume la propuesta de creación de un Observatorio Ambiental de la Industria de Bolivia. El trabajo ha sido realizado dentro del Proyecto ADSIDEO-Cooperación financiado por el Centro de Cooperación al Desarrollo de la Universitat Politècnica de València en 2011.

El estudio tiene por objetivo dar una respuesta efectiva desde las instituciones, empresas y trabajadores a los retos ambientales que se ciernen sobre el país. El Observatorio aquí propuesto debe servir para recabar información y generar conocimiento que propicie un cambio de modelo de desarrollo de la industria basado en los principios del Desarrollo Sostenible. De acuerdo con la estructura de la administración y atendiendo a las competencias que la norma dicta en materia de medio ambiente, se propone que la promoción y puesta en marcha de esta institución esté en manos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y que en el mismo colaboren la cooperación internacional, la industria de Bolivia, la academia boliviana así como las asociaciones locales ligadas a la defensa del medio ambiente.

El presente documento fue, en parte, publicado en el XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos celebrado en Valencia en 2012. Para esta nueva redacción se han reescrito algunas partes y se ha añadido el punto 5 relativo a trabajos futuros.

INTRODUCCIÓN

El impacto que sobre el medio ambiente tiene la industria es bien conocido. En los países en desarrollo, este impacto ambiental está siendo, en algunos casos, muy superior al realizado en los países desarrollados, debido especialmente a la carencia de buenas prácticas ambientales, producto de la falta de formación y de recursos tecnológicos. Esto, unido al hecho de que es en estos países donde se concentra la mayor parte de capital natural del planeta, hace de la mejora de esta situación un aspecto prioritario tal y como se recoge en el Objetivo 7 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

Desde hace unos diez años, Bolivia tiene que hacer frente a multitud de problemas asociados a la acelerada degradación ambiental de sus recursos ambientales (Escobari, 2003). En los últimos dos años se han publicado diversos informes sobre la situación ambiental de Bolivia en los que se hace referencia a este problema. Los más notables, editados por



LIDEMA (2010) en su informe sobre la situación ambiental del país y la Unión Europea (Palerm y Ribera, 2011), revelan de forma clara y alarmante las grandes amenazas que se ciernen sobre la salud ambiental de Bolivia, producto del incremento de las actividades económicas y su impacto sobre los ecosistemas y recursos del país. De acuerdo con la UE, «las mayores formas de deterioro ambiental del país se centran en: (a) la afectación de la disponibilidad y calidad ambiental de diversos tipos de cuerpos de agua; (b) el deterioro de la calidad del aire en las ciudades grandes; (c) la fragmentación y degradación de ecosistemas naturales por avance no controlado de las fronteras agropecuarias; y (d) los fenómenos de pérdida de suelos, erosión y desertificación.»

Las principales presiones sobre el medio vienen producidas por la actividad minera, la extracción de hidrocarburos, la expansión de las fronteras agropecuarias, la contaminación producida por industria manufacturera, el impacto de las grandes conurbaciones urbanas y la movilidad, así como por causa del cambio climático (LIDEMA, 2010; Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2011; Palerm y Ribera, 2011; PNUD, 2011).

La relación entre deterioro medioambiental y pobreza en Bolivia ha sido puesta de manifiesto por Palerm y Ribera (2011) al detectar, en las áreas con más presión ambiental, los mayores niveles de pobreza entre la población y como, producto de la degradación del medio, la capacidad de mejora económica de estas comunidades afectadas se ve reducida.

Estos autores identifican los -a su juicio- seis grandes problemas estructurales para la correcta gestión ambiental de Bolivia, que se resumen como sigue: (1) la falta de alternativas al modelo extractivista y primario exportador dominante, el cual privilegia las lógicas economicistas y un desarrollismo sin «obstáculos» ambientales o sociales; (2) un modelo económico del gobierno fundamentado en la producción y exportación de hidrocarburos, minerales y oleaginosas; (3) la preminencia y prerrogativas de los sectores extractivistas y sus políticas, así como sus marcos normativos, que llegan a menospreciar la dimensión ambiental; (4) la preminencia y prerrogativas el sector agrario vis a vis el sector forestal, resultando en pocos incentivos para una gestión integral y legal del capital de bosques; (5) la creciente permeabilidad de las políticas económicas y sectoriales a la captación de inversiones y el ingreso de figuras transnacionales, especialmente en hidrocarburos, procurando reducir las contenciones sociales y ambientales para facilitar el proceso; y (6) la falta de voluntad política en los diversos niveles jurisdiccionales del Estado para priorizar los temas ambientales. En este informe, también denuncian la ausencia en la contabilización de los activos y las externalidades ambientales, una clara falta de sensibilización de los agentes sociales frente a la problemática ambiental, así como un déficit en cuanto a la investigación científica en temas ambientales que genere información y conocimientos útiles y de calidad.

Bolivia cuenta con una red de autoridades ambientales así como con una legislación ambiental desarrollada, basada en los principios recogidos en la Constitución de Bolivia (artículos 33 y 34 sobre los derechos de los ciudadanos para con el medio ambiente y su protección, y los artículos 288 y 289 donde se recogen las competencias que en materia de medio ambiente se reparte el estado central y las entidades territoriales autónomas, de acuerdo con la división territorial del estado recogida en el Título I) así como en la Ley 1.333 de 1992 de Medio Ambiente, de protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, y los reglamentos y decretos que la desarrollan. Sin embargo, el Sistema de Información Ambiental, eje angular para la difusión de la información ambiental no está desarrollado todavía tal y como marca la Ley de Medio Ambiente 1992. Así mismo,



no se publican los Informes Nacionales sobre el Estado del Medio Ambiente, por lo que no se conoce la evolución de sus indicadores. El monitoreo ambiental es escaso y poco coordinado, por lo que los indicadores de estado no se encuentran suficientemente desarrollados para poder establecer acciones de respuesta.

A todo estos problemas hay que sumar las incertidumbres y amenazadas provocadas por: (1) la afectación del fenómeno de Cambio Climático que se cierne especialmente sobre una parte importante del territorio de Bolivia (PNUD, 2011); (2) los megaproyectos asociados a las explotaciones de hierro y litio así como a las presas para la explotación energética; (3) expansión de la frontera agropecuaria; (4) la expansión del sector de los hidrocarburos; (5) el incremento en las explotaciones mineras así como el riesgo por el abandono de instalaciones mineras obsoletas; (6) la fragmentación de ecosistemas por construcción de redes de comunicaciones; y (7) el aumento de la presión sobre el medio en las grandes aglomeraciones urbanas.

Además, la debilidad en los servicios de recogida y tratamiento de aguas residuales y la pobre gestión de los residuos industriales, provoca que los impactos producidos por estas instalaciones, aunque fueran minimizados en origen por la propias empresas, repercutan directamente en el medio al no existir el efecto amortiguante de un sistema de tratamiento público y colectivizado que los gestione de manera apropiada antes de su deposición en el medio (LIDEMA, 2010).

También se aprecia una escasa implementación de instrumentos de gestión ambiental en las empresas e industrias que mejoren el comportamiento de las mismas es sus tres partes fundamentales: proceso, a través de la implementación de tecnologías más limpias; producto, mediante la aplicación de herramientas como el diseño de producto o el análisis del ciclo de vida; y organización, mediante la incorporación de sistemas de gestión ambiental que complementen la gestión global de la empresa. Sin embargo, algunas iniciativas en este sentido permiten un cierto grado de optimismo: así, el Instituto Boliviano de la Normalización (IBNORCA)⁹ estima en 2012 que unas 500 empresas en toda Bolivia han sido certificadas con ISO 14001, la mayoría de ellas empresas de servicios; el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenible,¹⁰ perteneciente a la Cámara Nacional de Industrias,¹¹ ha realizado alrededor de 200 proyectos para la incorporación de procesos sostenibles en empresas, la mayoría de ellos financiados por la cooperación internacional; y la propia cooperación internacional viene desarrollando distintos programas de mejora de la gestión de residuos y de desarrollo de legislación ambiental aplicable a empresas y organizaciones.

Para un conocimiento mejor de los recursos ambientales de Bolivia y sus amenazas, diversas comunidades científicas, oficinas de cooperación y entidades del gobierno a escala nacional, regional o local han desarrollado programas de monitoreo y evaluación del estado ambiental. Toda la información generada precisa de sistemas integrados que hagan visible toda esa información para comprender y analizar los procesos ambientales y mejorar la gestión de los mismos y la mejora de la calidad del aire, suelos y recursos hídricos.

En Bolivia actualmente no existe ningún observatorio dedicado a analizar el impacto ambiental de su industria. Este tipo de iniciativas se han mostrado eficaces a la hora de

⁹ <http://www.ibnorca.org>

¹⁰ Centro de Promoción de Tecnologías Sostenible, <http://www.cpts.org/>

¹¹ Cámara Nacional de Industrias de Bolivia, <http://www.bolivia-industry.com/>



solventar muchos de los problemas relacionados con la correcta gestión ambiental y detectada en la actividad industrial boliviana. Respecto a Foros Ambientales, Observatorios Ambientales y/o de Sostenibilidad, su presencia y actividad es escasa en Bolivia. Así pues, la existencia de un Observatorio Ambiental de la Industria en Bolivia (OAIB), que integre entre sus socios a las principales instituciones públicas y privadas con competencias en medio ambiente e industria, así como organizaciones civiles y la academia, se aprecia como una necesidad a la hora de disponer de una herramienta de diagnosis y dinamización de la sostenibilidad ambiental del tejido industrial boliviano.

Este trabajo tiene como objetivo estudiar la viabilidad y condiciones de operación de un observatorio de este tipo en Bolivia.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Metodología

Con el objetivo de obtener una visión global de la problemática ambiental de la industria de Bolivia y valorar la viabilidad y necesidad de un Observatorio Ambiental de esta industria, se ha establecido como metodología: (1) el análisis documental; (2) las entrevistas semi-estructuradas con distintos actores de relevancia en Bolivia; (3) visitas a industrias bolivianas y (4) talleres de trabajo.

Resultados y Discusión

Los resultados y su discusión se han dividido en tres partes. Por un lado, se ha evaluado, a partir de los indicadores de estado y respuesta, cuales son las principales debilidades del sistema de gestión ambiental. Así mismo, se ha estudiado cuales son las principales funciones de los observatorios ambientales y de sostenibilidad y como éstas pueden contribuir a superar las debilidades encontradas. Por último, se ha propuesto un modelo de OAIB que, basado en lo anterior, propicie un resultado óptimo de acuerdo con la realidad Boliviana.

Debilidades del sistema de Gestión Ambiental en Bolivia

A partir de los indicadores de presión, todos los medios biofísicos están amenazados en mayor o menor medida por las actividades económicas. Para el caso de la industria (minería, hidrocarburos y manufacturera) los principales presiones se dirigen al uso de recursos hídricos, contaminación de acuíferos (metales pesados, DBO, DQO, etc.), polución atmosférica (arsénico, partículas, hollín, CO, NO_x, SO_x) y suelos contaminados (hidrocarburos, residuos industriales y mineros).

Además de los datos bibliográficos, la información de campo recogida por los investigadores del presente estudio arroja datos significativos. De las reuniones mantenidas con los distintos interlocutores en materia ambiental del país, se ha permitido detectar la percepción que tiene la sociedad boliviana, sus expertos y responsables políticos sobre sus propios problemas ambientales. Como resultado, el 50% de los entrevistados detectan como problema ambiental del país, la gestión de residuos y vertidos. La mitad de ellos, lo señalan como la mayor problemática. Destacan también, las industrias de curtiembre, agroalimentarias, minería, textil y manufacturera en general. El 58'3% de los consultados



determinan la deficiencia en la gestión ambiental a nivel nacional como la principal causa de las problemáticas ambientales. La falta de capacidad técnica es también identificada como causa por un 50% del total de personas entrevistadas; y la deficiencia en los mecanismos de fiscalización por un 41'7%. Un 16'7% incluyen una deficiencia en la normativa ambiental como causa. Esta sensibilidad demostrada contrasta con el escaso conocimiento de la sociedad en general de los problemas ambientales así como el escaso papel que juegan estos temas en la atención de la prensa diaria (UE, 2011).

Con estos datos, se puede extraer información suficiente sobre la necesidad de establecer indicadores de estado que sean capaces de medir el desempeño ambiental del país para la correcta toma de decisiones y organizar así mecanismo de respuesta adecuados a las mismas. De la información obtenida a partir de los indicadores de presión y el seguimiento de los indicadores de estado, se pueden establecer respuestas adecuadas para fijar objetivos acordes con las amenazas detectadas y planificar acciones eficaces contra las mismas. Las respuestas requieren de un correcto manejo de la información por parte tanto de los ciudadanos como de las empresas, legisladores y poderes ejecutivos. Las barreras a resolver para obtener el adecuado nivel de respuesta vienen dadas en general por:

- Falta de coordinación de las instituciones con competencias por excesivo parcelamiento.
- Falta de una red de información objetiva, verificable y continúa.
- Falta de capacidad técnica para ponderar las problemáticas ambientales.
- Falta de financiación para integrar las políticas ambientales.

Esto provoca que las personas y entidades con capacidad para tomar decisiones en materia ambiental, tanto de empresas como instituciones, desconozcan las principales problemáticas ambientales, sus consecuencias y las herramientas disponibles para paliarlas. En el caso de la problemática ambiental de la industria, estas dificultades se ven acrecentadas por motivos tales como:

- La división de competencias entre estado central, regiones y municipios en materia de protección del medio ambiente y la falta de conexión interna y entre los distintos niveles de la administración.
- La falta de desarrollo de la legislación ambiental así como de instrumentos y medios que aseguren el cumplimiento estricto de la misma.
- La enorme disparidad de problemas ambientales en función del sector industrial, así como la atomización de algunos de dichos sectores que hace complejas la toma de medidas para paliar el impacto ambiental que producen.
- La falta de un sistema de información ambiental centralizado y de su procesamiento.
- La escasez de grupos de investigación que trabajen de manera sistemática incorporando datos y conocimientos en el estudio del impacto ambiental de las empresas en sus tres vertientes: producto, organización y proceso.
- La falta de personal técnico cualificado que tanto en empresas como en la administración.

Bajo este prisma, conviene resaltar que el 100% de las personas y organizaciones bolivianas consultadas por estos investigadores, declaran que la constitución de una entidad con capacidad para gestionar la información ambiental relacionada con la industria, procesarla y hacerla pública, así como promover acciones encaminadas a la mejora ambiental de



la organización, del proceso y el producto, junto con el fomento de la evaluación del impacto ambiental como herramienta de prevenir el deterioro ambiental de los proyectos industriales, es absolutamente necesaria y de interés para la sociedad boliviana.

Los Observatorios Ambientales

De forma genérica, los observatorios ambientales se corresponden a espacios en los que se visualiza y analiza la dinámica del comportamiento ambiental a través del tiempo. Dicha evaluación se efectúa sobre la base de un sistema de indicadores que, en conjunto, intentan dar cuenta de la realidad ambiental. A partir de los resultados de indicadores ambientales se puede evaluar, de forma permanente, el desempeño de programas y proyectos y participar en su seguimiento y realización.

De los trabajos desarrollados por Jeffery S.Horsburgh *et al.* (2011), M. Gudiño de Muñoz (2005), el Observatorio de la Sostenibilidad de España¹² y el National Ecological Observatory Network,¹³ se concluye que los observatorios ambientales sirven como herramienta de vinculación transversal entre las diferentes instituciones, organizaciones y grupos que conforman el tejido industrial realizando labores como:

- Apoyando el proceso de planificación y gestión ambiental.
- Compilando y creando bases de datos de información ambiental relevante generada a partir de fuentes secundarias, generadas por otras instituciones distribuidas geográficamente, y para la cual los actores involucrados tienen dificultad de acceso.
- Realizando el seguimiento de las políticas ambientales ejecutadas por el gobierno nacional y los gobiernos regionales y locales.
- Socializando la información entre todos los sectores implicados a través de indicadores integrales que permitan conocer el estado del Desarrollo Sostenible.
- Vinculando a los actores implicados de forma permanente en el desarrollo de distintos programas y proyectos de Desarrollo Sostenible y mejora ambiental.
- Desarrollando y coordinando proyectos de colaboración entre centros de investigación e instituciones para la mejora del desempeño ambiental.

La tipología de observatorios ambientales es muy diversa. Sus funciones y organización son muy variados atendiendo a quienes lo forman y el motivo de su fundación.

Existen observatorios ambientales cuya función es la de monitorear, analizar y procesar información ambiental de determinados ecosistemas o medios mediante su monitoreo, como la propuesta de M. Gudiño de Muñoz (2005) para un observatorio litoral en Argentina o la de Little Bear Water Test Bed¹⁴ en Estados Unidos, para el monitoreo de la calidad de agua de un río. Dentro de esta tipología, existen supraestructuras que recogen y comparten la información producida por una o varias fuentes o redes de observación, como el National Ecological Observatory Network en Estados Unidos. Estos modelos de observatorios cumplen funciones muy específicas relacionadas con la observación, monitoreo y análisis de diversos ecosistemas y la generación de aplicaciones y modelos predictivos de los

¹² Observatorio de la Sostenibilidad en España, <http://www.ose.es>

¹³ National Ecological Observatory Network, <http://www.neoninc.org/>

¹⁴ Little Bear Water Test Bed, <http://littlebearriver.usu.edu/>



mismos que ayuden en la gestión y toma de decisiones (National Research Council, 2006). Suelen estar formados por comités científicos formados por expertos, son apoyados por universidades y fundaciones de investigación y obtienen financiación a través de fondos públicos y privados mediante ayudas o la generación de servicios remunerados. Entre las distintas funciones y servicios que ofrecen estos observatorios, destacan: el monitoreo ambiental; el desarrollo de modelos ambientales; la realización de acciones de formación y sensibilización; la generación y propuesta de ambientales para incorporar a las políticas ambientales, económicas y sociales; documentación y divulgación; elaboración de indicadores ambientales y apoyo a procesos de toma de decisiones y participación pública.

Existen otro tipo de observatorios que se vinculan a actividades económicas concretas o temáticas muy definidas como ocurre entre los observatorios de sostenibilidad españoles ligados a la Red de Observatorios de España¹⁵. Así mismo, es posible encontrar organizaciones que surgen de la necesidad de aplicar una legislación que ordena su existencia y marca sus funciones, como es el caso del Observatorio Agroambiental y Productivo de Bolivia creado recientemente a partir de la Ley 144 de la Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria aprobada el 26 de junio de 2011. Otros observatorios, enfocan su alcance en el ámbito de un territorio, que puede ser desde un municipio, hasta una región o un país. Algunos modelos de observatorio cubren aspectos más amplios que los derivados de la problemática ambiental, atendiendo a conceptos tales como la sostenibilidad, como es el caso Observatorio de la Sostenibilidad de España.

En general, en lo referente al modelo organizativo, los observatorios pueden disponer de forma total o parcial de los siguientes recursos humanos:

- Un equipo de dirección, que se encarga de la labor ejecutiva y la toma de decisiones de acuerdo con las funciones, objetivos y planes del observatorio.
- Un comité científico, formado por expertos del ámbito científico, que asesora y apoya en sus acciones al observatorio y vela por el rigor en la generación y gestión del conocimiento.
- Un comité técnico, formado por especialistas que realizan el trabajo operativo.
- Una red de información, que suministra de manera directa o indirecta la información ambiental ya sea a partir de fuentes directas o secundarias.
- Colaboradores e interlocutores externos, como es la sociedad civil, ONG, universidades, organismos sectoriales, público en general, etc.

Su financiación depende de en gran medida de su origen y tipología. Así, los observatorios enfocados al monitoreo e investigación, se financian a través de fundaciones científicas y universidades. Aquellos observatorios de carácter sectorial reciben la financiación de organismos vinculados con la actividad, ya sean públicos o privados. Aquellos otros observatorios de carácter más amplio y escala nacional, y cuya función es proporcionar herramientas para la toma de decisiones en política ambiental, reciben financiación a través de fundaciones, así como de los ministerios de medio ambiente u organismos y autoridades que cumplan con dichas funciones a escala nacional o regional.

¹⁵ Red de Observatorios de España, en <http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/Documentos/guiaok2.pdf>



Modelo de Observatorio Ambiental para la Industria de Bolivia

A partir de la necesidad de formular de respuestas ante las evidencias puestas de manifiesto por los indicadores de presión, un modelo de OAIB debe servir para dar solución a las debilidades mostradas por el sistema de gestión ambiental de la industria y comentadas en el primer apartado del presente documento. Para ello se estima necesario:

- a). Mejorar la coordinación de las autoridades con competencias en materia ambiental y paliar las debilidades surgidas de la parcelación mediante el fortalecimiento de la capacidad de diseño, formulación y gestión de políticas, planes y programas ambientales adecuados a las exigencias a atender. Así mismo, se deben emprender acciones que aseguren una correcta gestión de la información ambiental que permita el control y difusión de la misma a lo largo de todos los interlocutores ambientales de la administración.
- b). Incorporar la política ambiental y de sostenibilidad del estado de forma transversal en todos los ámbitos de la administración con competencias en materia de política industrial y desarrollo.
- c). Colaborar con las autoridades en la puesta en marcha de planes para la mejora de la gestión de residuos y vertidos industriales.
- d). Colaborar en el desarrollo de una red centralizada, transparente y de calidad con información objetiva, verificable y continua de los indicadores de presión y estado mediante el monitoreo y control del impacto sobre el medio de la actividad industrial mediante el uso de indicadores.
- e). Colaborar con las autoridades en la sistematización y generación de información especializada para la toma de decisiones encaminadas a alcanzar un modelo de desarrollo sostenible basado en los principios de la ecoeficiencia y la justicia social, para las actividades industriales.
- f). Colaborar en la creación y promoción de estructuras científicas que oriente sus objetivos al monitoreo ambiental, el procesamiento de datos ambientales y el establecimiento de modelos de predicción del mismo, así como en la elaboración de modelo de desarrollo sostenible de las empresas industriales.
- g). Realizar un seguimiento exhaustivo mediante indicadores de las medidas de respuesta de la administración y las empresas frente a los retos medioambientales de las industrias.
- h). Elaborar indicadores de respuesta que midan en todos los ámbitos de la administración su capacidad para cumplir y hacer cumplir la normativa ambiental.
- i). Mejorar el nivel de capacitación de empresarios y trabajadores mediante acciones de formación y capacitación, así como proporcionando servicios de asesoramiento en cuestiones ambientales a empresas.
- j). Desarrollar acciones formativas y de capacitación del personal técnico de la administración que asegure el nivel de conocimiento y habilidades requeridas para cumplir y hacer cumplir la legislación ambiental aplicable al sector industrial.



- k). Promover el uso de tecnologías limpias, sistemas de gestión ambiental, planes de manejo ambiental y diseño de producto que aseguren en las empresas el desarrollo y mejora continua de políticas de ecoeficiencia.
- l). Realizar acciones de sensibilización ambiental entre los consumidores, así como entre empresarios y trabajadores que incremente el nivel de exigencia de unos y otros en materia de productos y procesos ecoeficientes.
- m). La información generada por el OAIB, deberá ser recogida, fortalecida y difundida por las entidades educativas y productivas, y puesta a disposición de todos los actores del sector industrial.

A partir de las funciones detalladas en modelos de observatorios estudiados en el apartado anterior, se puede constatar que las funciones anteriores son propias de los observatorios ambientales.

Considerando la existencia de un Observatorio Agroambiental y Productivo dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, el OAIB debe atender de manera prioritaria a la problemática ambiental generada por los sectores industriales no asociados a actividades agropecuarias.

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 24.176 de 8 en diciembre de 1995, por el que se aprueba el Reglamento de Prevención y Control Ambiental, el control ambiental de las actividades productivas y las obras recae en el Ministerio de Medio Ambiente y Aguas (MMyA),¹⁶ Prefecturas y Municipios atendiendo al alcance y localización de la actividad. Así mismo, el MMyA dispone de una Unidad de Evaluación Ambiental Estratégica cuya función ha de ser mejorar la integración ambiental de planes y programas. Atendiendo a esta estructura administrativa y al reparto de responsabilidades que la legislación boliviana otorga a las distintas administraciones del estado, la participación de las autoridades ambientales en el Observatorio, en especial el MMyA, es fundamental. Las autoridades van a ser las beneficiarias directas de las acciones emprendidas por el observatorio, en especial aquellas ligadas a la mejora de la coordinación entre administraciones, la disponibilidad de información para la toma de decisiones o la capacitación de su personal.

Por otra parte, otro tipo de actor que debe estar vinculado de forma directa al Observatorio es el sector empresarial, coordinando las actividades del observatorio con aquellas que se realizan desde dichas asociaciones empresariales para la promoción y mejora en el uso de tecnologías limpias, como es el caso de la Cámara Nacional de Industrias a través del Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles.

Los modelos de observatorios ambientales estudiados incluyen la participación muy activa de universidades y expertos de la academia tanto en su comité científico como en su financiación. La existencia de grupos de investigación incipientes en este ámbito en el sistema de universidades boliviano así como la transferencia de fondos para la investigación a partir de la distribución de los impuestos IDH, permite pensar en una evolución a medio plazo positiva del nivel investigador tanto en calidad como en intensidad. Es por ello que en el modelo de Observatorio propuesto, es necesario contar con la presencia en el comité científico de investigadores universitarios, tanto bolivianos como extranjeros, expertos en los distintos ámbitos relacionados con los problemas ambientales de la industria, en

¹⁶ Ministerio de Medio Ambiente y Agua del Estado Plurinacional de Bolivia, <http://www.mmaya.gob.bo/>



especial en aquellos relacionados con la gestión ambiental, la gestión de recursos, el control y monitoreo ambiental y los impactos sobre los distintos medios biofísicos.

Las asociaciones locales de defensa de los derechos ambientales, en especial LIDEMA, que agrupa a las más importantes, contribuyen de forma significativa a la mejora del conocimiento y a la propuesta de estrategias y acciones para paliar el impacto ambiental. Su presencia en el Observatorio es fundamental por constituir un interlocutor de gran valor en el desarrollo de un modelo de crecimiento económico sostenible.

Las fuentes de financiación del OAIB, atendiendo a los ejemplos estudiados, la organización administrativa del país y en consonancia con las conclusiones extraídas de las distintas entrevistas y reuniones mantenidas, debe basarse en: (1) la financiación con fondos locales a través del MMyA así como de las autoridades regionales y municipales; (2) mediante la prestación de servicios a terceros; y (3) mediante acuerdos con las entidades de cooperación y organismos internacionales que trabajan en Bolivia.¹⁷

Con objeto de poder iniciar la puesta en marcha del OAIB, se propone como primer paso implantar un prototipo de OAIB dependiente del MMyA que, con carácter transitorio, inicie la andadura de la organización y que tenga por objetivos:

- Estudiar el marco jurídico para su constitución.
- Diseñar los elementos básicos para su dimensionamiento y financiación.
- Establecer una estructura interina basada en: Dirección, Comité Científico, Comité Técnico, Red de Información e Interlocutores Externos.
- Establecer una línea de proyectos que permitan alcanzar los objetivos específicos propuestos a partir de las funciones establecidas.

CONCLUSIONES

A partir del análisis anterior se concluye que la industria de Bolivia es responsable de gran parte del deterioro ambiental causado en Bolivia. De los indicadores ambientales, del marco legislativo e institucional y de las debilidades mostradas por el sistema de gestión ambiental, se identifica la necesidad de establecer una serie de respuestas encaminadas a un modelo de desarrollo sostenible de la industria en Bolivia. Estas acciones deben permitir evaluar el desempeño ambiental del sector productivo industrial, así como las tendencias de comportamiento del mismo y construir el modelo de organización, monitoreando las condiciones territoriales ambientales y la evolución de los impactos producidos por el sistema productivo industrial.

Por sus características, este organismo debería tener un carácter nacional que ponga en marcha un modelo de gestión que permita coordinar las acciones para todo el ámbito nacional. Por ello se propone la creación de un Observatorio Ambiental de la Industria de Bolivia que de respuesta a los problemas ambientales generados por este tipo de actividades y que supla las debilidades detectadas en el sistema de gestión ambiental.

¹⁷ Los objetivos del OAIB son compatibles con el desarrollo del objetivo de Transversalización para la Sostenibilidad Ambiental y Adaptación al Cambio Climático en el Mapa de la Cooperación Española En Bolivia 2011–2015, y las acciones prioritarias de acuerdo al Programa de Investigación y Estudios sobre el Desarrollo publicado por la Agencia Española de Cooperación Internacional, AECID.



Se propone que, de acuerdo con la estructura de la administración y atendiendo a las competencias que la norma dicta en materia de medio ambiente, la promoción y puesta en marcha de esta institución debe estar en manos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia.

TRABAJOS FUTUROS

La viabilidad del proyecto recae en su utilidad y en encontrar fuentes de financiación estables. Estas últimas pueden recaer inicialmente en tres fuentes:

- Fondos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- La ayuda internacional, en especial Swisscontact Bolivia¹⁸ y su proyecto Aire Limpio.
- Los fondos de los Impuestos Directos de los Hidrocarburos (IDH) con los que se financian proyectos en las universidades públicas.

En estos momentos, debido al interés mostrado, dos son las entidades locales con mayor capacidad de liderazgo del proyecto son:

- El Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos¹⁹ (IIDEPROQ) dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés.
- La Universidad Católica Boliviana²⁰ (UCB).

En concreto, durante 2015, desde la UCB se van a realizar varias acciones encaminadas a obtener en compromiso del MMyA de Bolivia para lanzar el proyecto de formación del Observatorio en 2016.

En caso de que alguna de las acciones de como fruto la formación del Observatorio, el papel de la UPV será el de asesoramiento técnico del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Centro de Cooperación al Desarrollo de la Universitat Politècnica de València por la financiación de este trabajo a través de la concesión de un proyecto ADSIDEO-Cooperación dentro del programa abierto en 2011.

Así mismo, agradecer a la extinta Unidad Técnica de Relacionamento Internacional de la Vicepresidencia del Gobierno Plurinacional de Bolivia por coordinar las visitas realizadas a Bolivia, así como por poner en nuestro conocimiento información valiosa para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AECID, *Estrategia de la Cooperación Española en Bolivia*, en <http://www.mae.es>

AECID, Programa de Cooperación Bolivia. *Marco Asociación País 2011-2015*, <http://www.aecid.es>

¹⁸ <http://www.swisscontact.bo/home.php>

¹⁹ <http://iideproq.umsa.edu.bo/>

²⁰ <http://www.ucb.edu.bo/>



- AECID, Programa de Investigación y estudios sobre desarrollo 2011, <http://www.aecid.es>
- Decreto Supremo N° 24.176 de 8 de Diciembre de 1995 por el que se aprueba el Reglamento de Prevención y Control Ambiental, de <http://www.derechoteca.com/>
- ESCOBARI, J. (2003). *Problemática Ambiental en Bolivia*. La Paz: Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE).
- Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. (2011). Oficialía Mayor de Planificación para el Desarrollo. Dirección de Investigación e Información Municipal. Dirección de Calidad Ambiental. *Compendio de Estadísticas Ambientales del Municipio de La Paz, 2000-2010*, ISBN: 978-99905-47-16-0.
- GVA, *Plan Director de Cooperación Valenciana 2008-2011*, en <http://www.gva.es>
- Horsburgh, J.S., Tarboton, D.G., Maidment, D.R., Zaslavsky, I. (2011). Components of an environmental observatory information system, *Computers & Geosciences*, 37: 207–218. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2010.07.003>
- Antequera, J. (2009). Los Observatorios de Sustentabilidad como centros guía para la implementación de estrategias de sustentabilidad local y regional y potenciador de sinergias entre actores sociales, *I Encuentro Internacional de Culturas Científicas y Tecnologías Alternativas*. Buenos Aires 8 y 9 de Octubre de 2009.
- Ley 1333 de Medio Ambiente, de 27 de Abril de 1992, de <http://www.derechoteca.com/>
- Ley 144 de la Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria aprobada el 26 de Junio de 2011, en <http://www.derechoteca.com/>
- Ley de Derechos de la Madre Tierra, de 21 de Diciembre de 2010, de <http://www.derechoteca.com/>
- LIDEMA, *Informe del Estado Ambiental de Bolivia 2010*, http://www.lidema.org.bo/portal/index.php?option=com_docman&Itemid=329.
- Gudiño de Muñoz, M. (2005). Modelo de gestión Integral: Observatorio ambiental y ordenamiento territorial, *Revista Proyección*, 3, editada por CIFOT, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional.
- Naciones Unidas, *Objetivos del Milenio*, en <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/>
- National Research Council, *Cleaner and NSF Environmental Observatories*, publicado en 2006 y obtenido el 3 de marzo de 2012 de http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11657.
- Nueva Constitución Política del Estado, de Octubre de 2008, de <http://www.derechoteca.com/>
- Observatorio de la Sostenibilidad de España, *Guía de la Red de Observatorios de Sostenibilidad de España*, obtenido el 3 de Abril de 2012 y publicado en http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/_Documentos/guiak2.pdf.
- Palerm, J., Rivera, M.O. (2011). Preparación del Perfil Ambiental País (PAP) de Bolivia. Final Report. The Delegation of the European Union to Bolivia.
- PNUD (2011). *Tras las huellas del cambio climático en Bolivia. Adaptación en Agua y Seguridad Alimentaria*. ISBN: 978-99954-711-8-7.



**PROYECTOS
ADSIDEO-COOPERACIÓN
2012**



USO DE COAGULANTES NATURALES PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO

Beatriz García-Fayos, Jose Miguel Arnal Arnal y María Sancho Fernández

Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM). Universitat Politècnica de València

RESUMEN

El agua es esencial para la vida y un derecho para el ser humano. En la actualidad, el Objetivo de Desarrollo del Milenio de reducir a la mitad el número de personas que no poseen acceso al agua potable se ha logrado globalmente. Sin embargo, se estima que todavía más de 748 millones de personas viven sin acceso a agua potable y saneamiento mejorado. La solución a esta problemática, según los principales organismos internacionales, pasa por el desarrollo de técnicas innovadoras, eficaces, de bajo coste, sostenibles y que sean aceptadas por la población. El presente trabajo expone el proyecto desarrollado a través del programa ADSIDEO-Cooperación que ha consistido en la investigación de la aplicación en el tratamiento de agua de coagulantes naturales extraídos de recursos nativos de Mozambique, centrándose en la utilización de la Moringa oleifera. El principal resultado de la investigación es un protocolo sencillo y de bajo coste para la extracción del compuesto activo de la semilla y su aplicación en el tratamiento del agua, así como la valorización de los residuos obtenidos en cada etapa del proceso como productos de valor añadido. La investigación da continuidad al proyecto Internacional Aquapot y en su elaboración ha participado la Universidad Eduardo Mondlane de Mozambique.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es un derecho fundamental para el ser humano e indispensable para cubrir sus necesidades básicas. El derecho al agua es el derecho a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico (Naciones Unidas, 2002).

A pesar de ello, en la actualidad 748 millones de personas viven sin acceso a agua potable, la mayoría de las cuales viven en países en desarrollo (OMS, 2014) y en zonas rurales. Casi un 50% de la población total de los países en vías de desarrollo, unos 2.500 millones de personas, padece en algún momento de sus vidas algún problema de salud debido a la falta de agua y saneamiento (PNUD, 2006). Se estima que el 80% de las enfermedades en los países en desarrollo están provocadas por un acceso poco seguro al agua y por un saneamiento inadecuado (Naciones Unidas, 2014). Esta situación es debida a que la población consume agua directamente de ríos y vertientes, sin ningún tipo de tratamiento previo, lo que representa un grave riesgo para su salud, y lleva asociada la aparición de gran



parte de las enfermedades transmitidas por el agua (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2003).

La falta de acceso al agua potable y saneamiento tiene además repercusiones más graves. Muchos niños –y especialmente las niñas– no pueden ejercer el derecho a la educación debido a que deben pasar gran parte del día caminando varios kilómetros para transportar agua hasta sus hogares. Hay más de 125 millones de niños menores de 5 años cuyos hogares no tienen acceso a fuentes de agua potable (UNICEF, 2008). Además, cada día, un promedio de más de 1.400 niños mueren por enfermedades diarreicas debido al consumo de agua contaminada, la falta de saneamiento y la higiene deficiente (UNICEF, 2014). Se estima que el 30% de la mortalidad infantil tiene su origen en las enfermedades hídricas y, del total de defunciones vinculadas con la diarrea, el 90% ocurren en niños menores de 5 años de edad (UNICEF, 2005).

La tabla 1 muestra la influencia que sobre la mortalidad infantil y la esperanza de vida al nacer posee el acceso al agua potable y el saneamiento mejorado. Esta tabla recoge los principales indicadores de desarrollo relacionados con el agua, la salud y el saneamiento de siete países seleccionados a nivel mundial.

Tabla 1.- Indicadores de desarrollo, en relación al agua, saneamiento y salud.

Puesto	País	Esperanza vida al nacer (años)	Muertes niños < 5 años debido a agua insalubre, saneamiento no mejorado o falta de higiene (cada 100.000)	Población acceso saneamiento mejorado (%)*	Población acceso fuentes agua mejoradas (%)*
1	Noruega	81	0	100	100
5	E. Unidos	79	0	100	100
27=	España	82	0	100	100
98	Ecuador	76	63	89	94
135	India	66	316	33	86
178	Mozambique	50	388	32	43
187	Nigeria	52	1229	13	46

Fuente: PNUD 2006, UNICEF 2014. *Datos 2006.

En la tabla 1, se observa que mientras que en países desarrollados como España o Noruega el 100% de las necesidades en relación al acceso al agua potable y al saneamiento están cubiertas, en países en desarrollo como Mozambique o Nigeria, menos del 45% de la población posee acceso a fuentes de agua o saneamiento mejorado. Esta situación, disminuye considerablemente la esperanza de vida y salud, especialmente de la población más sensible como son los niños y niñas.

La problemática asociada a la falta de acceso al agua potable en los países en vías de desarrollo posee numerosas causas de distinta índole que conviene analizar:

- **Técnicas y económicas:** en muchos países en desarrollo la mayor parte de la población es eminentemente rural por lo que vive en núcleos dispersos de población reducida. Esto



explica que en la mayor parte de los casos no existan infraestructuras centralizadas para el tratamiento y distribución del agua potable. Otros motivos asociados a la ausencia de tratamiento del agua destinada a consumo humano son: el elevado coste de inversión que precisan, el mantenimiento que requieren, la necesidad de personal cualificado para su explotación y la necesaria utilización de productos químicos para su funcionamiento (Mintz, 2001). En consecuencia, la población acude a recoger el agua a ríos y vertientes superficiales de libre acceso para seres humanos y animales, y consume el agua directamente de estas sin tratamiento previo.

En las zonas urbanas de estos países es frecuente encontrar sistemas de tratamiento y distribución centralizados, sin embargo no son garantía de un suministro de agua potable (Sobsey *et al.*, 2008). En la mayoría de los casos se tienen sistemas obsoletos, infradimensionados y que no están adecuadamente mantenidos. Como consecuencia de ello, los sistemas de tratamiento funcionan de forma intermitente o a una fracción de su capacidad y son habituales los cortes en el suministro (OMS, 2003). Esta situación favorece el estancamiento del agua en las tuberías y el crecimiento de los microorganismos patógenos en el agua. La presión hidráulica negativa como consecuencia de fugas en las conexiones puede favorecer la inclusión de material contaminado de origen fecal, procedente de los alrededores del sistema de tuberías, en la red de suministro de agua. Análogamente, la desinfección inadecuada o el fallo de los sistemas para mantener una desinfección residual en el punto de distribución, así como el envejecimiento de los sistemas de distribución o la corrosión de las infraestructuras, pueden generar condiciones favorables para el crecimiento de las bacterias y la recontaminación del agua tratada (Lee *et al.*, 2005).

- **Sociales:** los sistemas de potabilización a aplicar deben ser sencillos y de bajo coste, con el fin de que la población pueda aplicarlos en zonas de escasos recursos y sin recibir capacitación compleja (Elimelech, 2006). Además, deben ser aceptados socialmente por la comunidad y deben ser ellos mismos los que se encarguen de su instalación y mantenimiento de forma que se vean implicados en su utilización. De lo contrario, la sostenibilidad del sistema se ve seriamente comprometida y al cabo de un tiempo el sistema termina por abandonarse, y la población vuelve a consumir agua sin tratamiento (Mintz, 2001).

- **Políticas:** la comunidad internacional lleva décadas reflejando la importancia del derecho al acceso al agua potable, e instando a la búsqueda de soluciones en diferentes declaraciones nacionales e internacionales: el Programa 21 (Naciones Unidas, 1992), la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002, el Informe del Estado Mundial de la Infancia (UNICEF, 2005), los Objetivos de Desarrollo para el Milenio (Naciones Unidas, 2000) o en el Decenio Internacional "El agua fuente de vida" (2005-2015). Sin embargo, la realidad es que los gobiernos de los países en desarrollo realizan escasas inversiones para la mejora del acceso y suministro a la población de agua potable por falta de recursos. Además, apenas establecen políticas de concienciación y programas de sensibilización y educación sanitaria para informar a la población del riesgo del consumo de agua no tratada. Por su parte, los gobiernos de países desarrollados como consecuencia de la situación de crisis económica mundial, han reducido su porcentaje de ayuda destinada a la Cooperación Internacional lo que también afecta a la mejora de los sistemas de agua y saneamiento.

En definitiva, la búsqueda de una solución a la problemática de la falta de acceso al agua potable para países en desarrollo, debe encaminarse al desarrollo de técnicas innovadoras,

eficaces, sostenibles, económicas, fiables y fáciles de manejar, que sean socialmente aceptadas por la comunidad, y que permitan dotar de agua de calidad a la población mejorando así su situación sanitaria y condiciones de vida (Mintz *et al.*, 2001, Mara, 2003; Montgomery *et al.*, 2007).

La realidad es que la inclusión en los Objetivos de Desarrollo para el Milenio del objetivo específico “Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento”, ha logrado visibilizar aún más esta problemática y mejorar en gran medida esta situación. De hecho, los últimos datos apuntan que en las últimas décadas 2.300 millones de personas lograron acceder a fuentes de agua mejoradas (OMS, 2014). No obstante, los indicadores publicados recientemente apuntan a que “aunque el mundo está en camino de cumplir con la meta sobre agua potable, en algunas regiones queda mucho por hacer”. El suministro de agua potable sigue siendo un desafío en muchas partes del mundo y se necesitan esfuerzos acelerados y específicos para llevar agua potable a todos los hogares rurales (Naciones Unidas, 2015).

Fotografía 1. - Abastecimiento y suministro de agua en Ressano García (Mozambique).



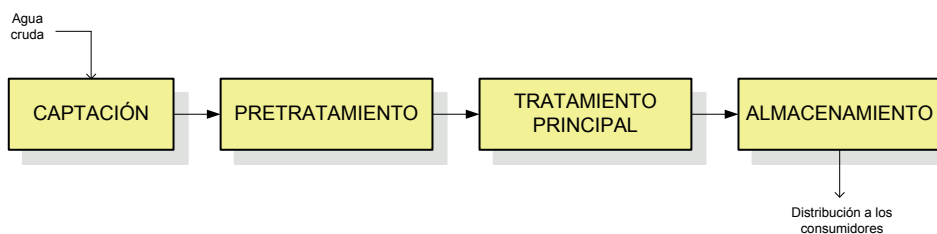
Técnicas de potabilización

La potabilización del agua es un término destinado a definir la secuencia de tratamientos encaminados a la obtención de agua apta para consumo humano. Habitualmente y en función del origen del agua a tratar, incluye la captación del agua en el origen, un pretratamiento, tratamiento principal y un almacenamiento previo a su distribución tal y como se observa en la figura 1. El tratamiento principal incluye las etapas de coagulación,



floculación, sedimentación, filtración y desinfección. El agua tratada es distribuida a través de la red hasta las viviendas o puntos de uso. Normalmente, se incorporan puntos de desinfección adicionales a lo largo de la red de suministro con el fin de garantizar la salubridad del agua en el destino.

Figura 1.- Esquema de la secuencia para la potabilización del agua.



Sin embargo, estos sistemas requieren de una gran infraestructura y obra civil además de una elevada inversión para su construcción y mantenimiento, productos químicos y personal cualificado para su explotación, lo que los convierte en sistemas de difícil implementación en zonas rurales de países en desarrollo (Mara, 2003; Lee *et al.*, 2005). En los casos, en los que se consigue la inversión económica inicial, no se alcanza el objetivo de agua potable en el punto de uso debido a que los sistemas de distribución están obsoletos, deficientemente mantenidos o la población está dispersa y en núcleos tan reducidos que el mantenimiento de la infraestructura y su explotación no es rentable.

Esta circunstancia obliga a la población a abastecerse directamente de aguas superficiales o subterráneas sin ningún tipo de tratamiento, o a aplicar sistemas descentralizados para el tratamiento del agua, tanto en el punto de uso (POU), generalmente en el ámbito doméstico, como a pequeña escala (SPE) para núcleos reducidos de población (Peter-Varbanets *et al.*, 2009).

Los sistemas de tratamiento tradicionales en punto de uso a nivel doméstico son: ebullición (Sobsey, 1989), cloración (Snow, 1855; OMS, 2007) o filtración. Sus ventajas son el coste bajo, que no requieren infraestructuras ni obra civil y su sencillez de aplicación. Sus inconvenientes son: la materia prima, que es necesario calidad de agua inicial adecuada, la posibilidad de recontaminación del agua tratada o que su eficacia no es del 100% frente a eliminación de microorganismos patógenos. Hasta la fecha, los estudios realizados al respecto del tratamiento del agua y la salud habían infravalorado el potencial de la aplicación de estos tratamientos. Sin embargo, hay estudios que estiman que entre el 30-40% de los casos de diarrea pueden ser evitados aplicando tan sólo técnicas que mejoren la calidad del agua tratada en POU a nivel doméstico (Fewtrell *et al.*, 2005), haciendo este tratamiento más efectivo que las mejoras en el sistema de tratamiento global para países en vías de desarrollo (OMS, 2007; Sobsey, 2008).

La evolución de la investigación y la tecnología ha permitido el desarrollo de nuevas técnicas que poseen una mayor efectividad y en algunos casos un coste más bajo que las tradicionales para ser aplicadas en el punto de uso (POU) o a pequeña escala (SPE) y que tratan exclusivamente el agua que va a ser destinada para beber.



Algunas de ellas son: SODIS (Desinfección Solar del Agua), RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar), filtración con membranas poliméricas y en concreto la ultrafiltración: Aquapot (Arnal *et al.*, 2001), Aqualogix® (Garrow, 2008), SkyHydrant®, AquaBoy® y SkyStation® (Butler, 2008) o Mobil watermaker (Groendjik, 2008), Life Straw® (basado en sistema de filtración múltiple desde carbón activo hasta membranas de ultrafiltración), LIFESAVER® (similar al anterior pero de mayor capacidad de tratamiento), PUR® o Watermaker® (tratamientos instantáneos para el agua cruda que basan su acción en la adición de una mezcla de coagulantes, floculantes y desinfectantes contenidos en sobres instantáneos).

Uso de coagulantes naturales

Otra técnica alternativa a la secuencia de potabilización convencional es la basada en el uso de coagulantes naturales.

La coagulación-floculación es una técnica basada en la clarificación del agua cruda mediante la reducción de los sólidos en suspensión y de la turbidez debido a la adición de coagulantes. El principal factor limitante en la aplicación de esta técnica es el uso de reactivos químicos, que pueden ser difíciles de conseguir o bien pueden alcanzar un valor económico considerable si no son producidos a nivel local, ya que deben ser importados y pagados en moneda extranjera, lo que incrementa considerablemente su coste.

Por ello, se han utilizado como alternativa coagulantes naturales extraídos de semillas de cultivos o plantas endémicas. Se trata de un tratamiento ancestral que viene documentado ya en textos antiguos desde hace más de 2.000 años y que está muy extendido en zonas en las que la escasez de agua viene acompañada de falta de electricidad y de medios técnicos (Jahn, 1999). La principal ventaja de este método es el ahorro de coagulante químico.

Los coagulantes naturales son sustancias solubles en agua, procedentes de materiales de origen vegetal o animal (Kawuamura, 1991; Lee *et al.*, 1995; Ganjidoust *et al.*, 1997; Broekaert *et al.*, 1997) y que actúan de modo similar a los coagulantes sintéticos, aglomerando las partículas en suspensión que contiene el agua cruda, facilitando su sedimentación y reduciendo la turbidez inicial de ésta. Algunos de estos coagulantes, poseen además propiedades antimicrobianas, por lo que reducen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos susceptibles de producir enfermedades. Las principales ventajas que presentan estos coagulantes son: su disponibilidad local, su procedencia de recursos renovables, su origen natural y su uso ancestral que garantiza la inocuidad para el ser humano, o la biodegradabilidad de los lodos producidos que permite además su utilización en la agricultura.

En 1988, Jahn publicó una lista de coagulantes naturales de origen vegetal que tradicionalmente se habían utilizado en África subsahariana, la India y América del Sur. De entre todos ellos, el quitosán, el almidón, los alginatos y la *Moringa Oleifera* son los más importantes y más investigados en la actualidad.

El proyecto financiado bajo la convocatoria ADSIDEO-Cooperación "Uso de coagulantes naturales para la potabilización del agua en países en vías de desarrollo", ha centrado su investigación en la aplicación del extracto de la semilla de *Moringa Oleifera* como coagulante.



Moringa Oleifera

Moringaceae es el nombre de la familia de plantas que engloba a más de catorce especies conocidas, endémicas de los países africanos, Madagascar, Arabia y la India, de entre ellas la más extendida es la *Moringa Oleifera*.

Es conocido también como el "árbol milagroso" por los múltiples usos y propiedades que posee, o el "árbol purificador" por las propiedades clarificantes de sus semillas (Von Maydell, 1986).

Fotografía 2. - Árbol de *Moringa Oleifera* en Ressano García (Mozambique).



Sus semillas contienen entre 33-41% (p/p) de aceite (Sengupta *et al.*, 1970), con una calidad similar al aceite de oliva (Tsaknis *et al.*, 1999) que puede ser utilizado como aceite comestible para consumo humano, lubricante o para fabricación de jabón y cosméticos entre otros (Ferrao, 1987; Nautiyal *et al.*, 1987). Las vainas, hojas y semillas de la planta son un completo alimento vegetal con un poder nutricional elevado, lo que la convierte en producto inmejorable para aquellas zonas donde escasea el suministro de alimentos.

Todas las partes de la planta se usan en una gran variedad de medicinas tradicionales, por sus propiedades antiinflamatorias, antipirética, antiepilépticas, hepatoprotectoras, antihipertensivas y antitumorales (Siddhuraju *et al.*, 2003).



No obstante, el uso más conocido de la semilla de *Moringa oleifera* es el tratamiento del agua, debido a sus propiedades coagulantes (Sutherland *et al.*, 1989), antibióticas (Olsen, 1987), antibacterianas (Broin *et al.*, 2002) y antifúngicas (Chuang *et al.*, 2007).

Entre las principales ventajas que presenta el uso de esta semilla destacan su bajo coste, la biodegradabilidad del lodo producido, así como la estabilidad del pH del agua tratada con dicha sustancia.

El coagulante se extrae de las semillas mediante la preparación de extractos, siendo estos salinos (si se prepara con adición de cloruro sódico al agua) y acuosos (si se prepara con agua destilada). Los extractos de *Moringa* así obtenidos, han mostrado una gran eficacia como coagulante primario de origen natural, alcanzando una reducción de la turbiedad elevada (entre 92-99%) (Jahn, 1988; Muyibi *et al.*, 1995) y una producción de lodo residual menor que el producido por el sulfato de aluminio (Ndabigengesere *et al.*, 1995).

Además de su aplicación en clarificación y potabilización de aguas crudas, se ha estudiado la aplicación de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria textil (Vasudevan *et al.*, 2002), de industrias de extracción de aceite de oliva (Meyssami *et al.*, 2005), en aguas industriales con elevado contenido de metales pesados como el cadmio, arsénico, zinc o níquel (Sharma *et al.*, 2006) o en deshidratación de lodos (Ózacar *et al.*, 2000), obteniéndose resultados alentadores.

EL PROYECTO PLANTEADO

El proyecto planteado se centra en el estudio de la aplicación de coagulantes y floculantes naturales para la potabilización del agua en países en vías de desarrollo. En concreto, se propone la aplicación en el tratamiento de agua de coagulantes naturales extraídos de recursos naturales nativos de Mozambique, centrándose especialmente en la utilización de la semilla de *Moringa oleifera* como una técnica alternativa para la obtención de agua de calidad en zonas de escasos recursos. La bibliografía consultada presenta a los coagulantes naturales como un sistema tradicional de tratamiento de agua potable en el ámbito doméstico.

La investigación, realizada a través de proyecto ADSIDEO-Cooperación, propone un protocolo sencillo y de bajo coste para la aplicación y extracción del compuesto activo y la valorización de los residuos obtenidos en cada etapa del proceso como subproductos de valor añadido para otras aplicaciones. Asimismo, estudia la calidad del agua obtenida desde el punto de vista físico-químico, comparándola con la proporcionada por el coagulante químico sintético más utilizado en plantas de tratamiento de agua, el Policloruro de Aluminio (PAC).

Origen del proyecto

El proyecto surge a partir de la experiencia de campo adquirida con el proyecto Aquapot. Se trata de un proyecto desarrollado desde el año 1996 en el Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universitat Politècnica de València (UPV) con el fin de estudiar técnicas de bajo coste para la potabilización del agua. El proyecto, desde sus inicios, centró la investigación en el diseño, construcción e instalación de unidades potabilizadoras basadas en la tecnología de membranas y en concreto en la ultrafiltración para la obtención de agua potable, y su implementación en pequeñas comunidades.



A partir de 2005 y dentro del ámbito del proyecto, se inicia la investigación en paralelo de técnicas de potabilización alternativas a la tecnología de membranas, surgiendo como resultado una nueva línea de investigación sobre coagulantes naturales.

Como se ha expuesto en la introducción, en la bibliografía referenciada se indica el uso de semillas de *Moringa Oleifera* en muchos países de África para la potabilización del agua. Sin embargo, a través de nuestra experiencia de campo en Mozambique y de testimonios de organizaciones que trabajan con asociaciones de mujeres en Burkina-Fasso, se constataba que, aunque era una planta muy común que crecía de forma silvestre en todas las áreas rurales visitadas, apenas se utilizaba para dar sombra o en algunos casos para la fabricación de jabones o cremas a nivel local.

En el año 2009, se presentó la tesis doctoral titulada: "*Optimización del Proceso de Extracción y Caracterización del Compuesto Activo obtenido a partir de Coagulantes Naturales de Origen Vegetal. Aplicación en la Potabilización de Agua para Países en Vías de Desarrollo*". La investigación desarrollada estaba centrada en el uso de la *Moringa oleifera* como coagulante. Con el fin de continuar la investigación que se había iniciado en la tesis doctoral y ante la posibilidad de poder implementar los resultados en países en vías de desarrollo, en 2012 se solicitó el presente proyecto a la convocatoria ADSIDEO-Cooperación. Este proyecto se planteó con la colaboración de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Eduardo Mondlane de Mozambique.

Objetivos

El objetivo general del proyecto es mejorar el acceso al agua potable de la población de países en vías de desarrollo, mediante la implementación de un sistema de potabilización sostenible y de bajo coste, basado en la aplicación de coagulantes y floculantes naturales.

Los objetivos específicos son:

- Estudio el proceso vegetativo de la planta de *Moringa Oleifera* y determinación de las condiciones óptimas para su cultivo y crecimiento.
- Estudio del proceso de obtención del extracto crudo de *Moringa* y de otras semillas así como sus propiedades coagulantes y floculantes.
- Estudio de la integración del coagulante-floculante en una secuencia de potabilización sencilla, y caracterización la calidad del agua potable obtenida.
- Estudio de la valorización de los residuos obtenidos tras la extracción del coagulante.

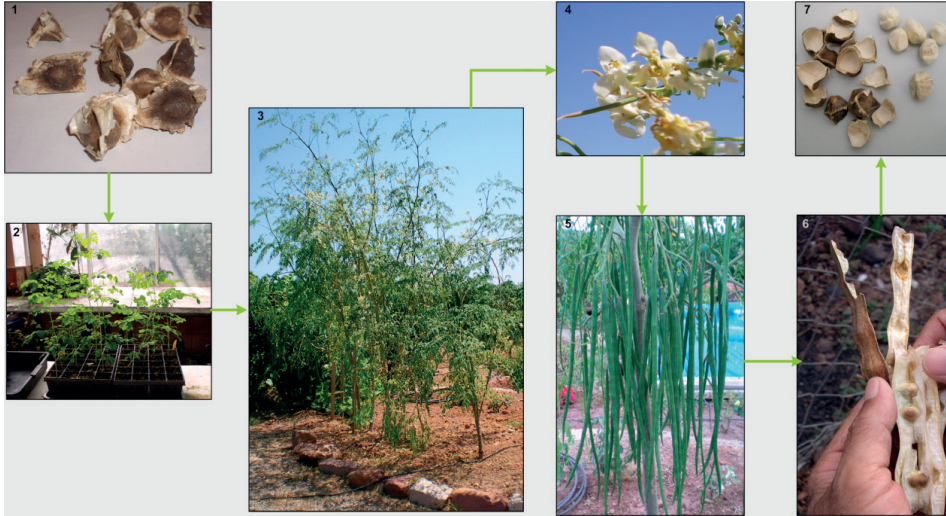
ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Cultivo de la *Moringa Oleifera*

Se ha llevado a cabo la plantación de *Moringa oleifera* a partir de semillas originarias de la región de Boromo (Burkina-Fasso) y de Ressano Garcia (Mozambique).

Se plantaron en semilleros durante cuarenta días y posteriormente fueron plantadas en terreno. Al cabo de doce meses, las plantas alcanzaron 1'5 metros de altura y dieron las primeras semillas contenidas en vainas de 20-60 cm de longitud. En los experimentos se han utilizado tanto semillas propias como las remitidas desde Burkina-Fasso y Mozambique.

Figura 2.- Ciclo vegetativo de la planta *Moringa oleifera*. 1: Semillas enteras; 2: Semilleros con plantas de Moringa; 3: Árbol de Moringa; 4: Flor de Moringa; 5: Vainas verdes de Moringa; 6: Vainas secas de Moringa con semillas en su interior; 7: Semillas peladas de *Moringa Oleifera*.



Extracción sólido-líquido del aceite de la semilla

Se ha llevado a cabo el estudio de la extracción sólido-líquido del aceite utilizando disolventes diferentes: etanol y hexano. El hexano se ha utilizado tradicionalmente para la extracción de aceite con un elevado rendimiento de extracción, sin embargo es difícil de conseguir y su precio puede ser elevado. Se ha estudiado el etanol por estar más extendido, ser más sencillo de conseguir, menos tóxico y puede fabricarse incluso a nivel doméstico.

En un primer bloque de ensayos se ha estudiado el efecto del tipo de extracción (manual y semi-continua) y tipo de disolvente de extracción del aceite y en un segundo bloque de ensayos, la influencia del tamaño de partícula y del tiempo de extracción del aceite de las semillas de *Moringa oleifera*, planteando para ello un diseño de experimentos mediante superficie respuesta. El objetivo ha sido maximizar el rendimiento de extracción de aceite y mantener la actividad coagulante del extracto. A nivel práctico, esto implica una reducción de los costes de extracción del aceite y del compuesto activo coagulante de las semillas, así como la reducción de la carga orgánica adicionada al agua para realizar el proceso de coagulación-floculación del agua turbia.

Extracción del compuesto activo coagulante

Con el sólido sin aceite se ha llevado a cabo la preparación del extracto crudo preparando disoluciones al 5% (p/w). Para ello se ha utilizado agua superficial (ningún tipo de disolución química) y medios sencillos (que han sido observados a nivel local en Mozambique), para la trituración y tamizado (utilizando método manual), secado a temperatura ambiente (sin necesidad de hornos o estufas) y agitación manual.



Figura 3.- Equivalencia de medios utilizados en el laboratorio y a escala local para la preparación del extracto coagulante.



TRITURACION

TAMIZADO

Aplicación en agua sintética

Los extractos preparados (EC) en las distintas condiciones experimentales se han probado en ensayos de actividad coagulante con el fin de determinar su efectividad. Estos ensayos se han realizado siguiendo la metodología del "Test de Jar" utilizando agua turbia sintética preparada con agua superficial y caolín. De esta forma, se consigue una base común de condiciones de partida de turbidez que permite comparar los distintos resultados en la investigación. La actividad coagulante se ha determinado por comparación de la turbidez inicial y final (en unidades de NTU), midiendo en turbidímetro el sobrenadante obtenido. Se calcula con la ecuación 1:

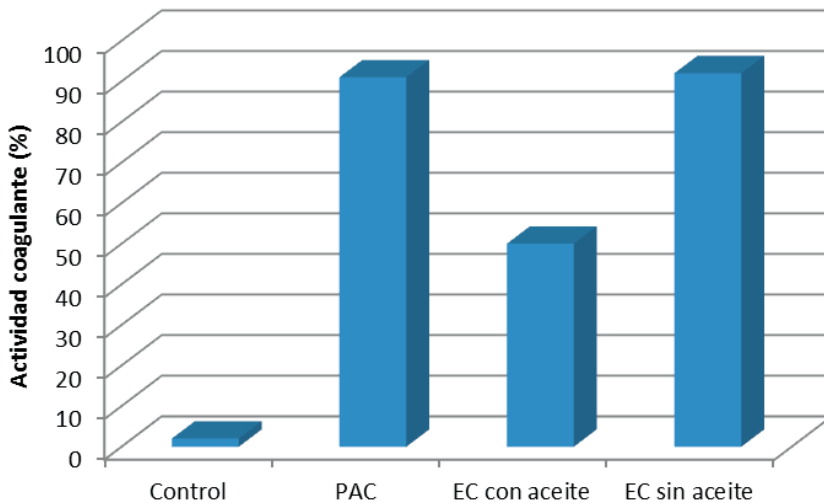
Ecuación 1

$$\text{Actividad coagulante (\%)} = \frac{NTU_{\text{inicial}} - NTU_{\text{final}}}{NTU_{\text{inicial}}} \cdot 100$$

La actividad coagulante representa la capacidad que tiene el coagulante adicionado a la disolución de reducir la concentración de sólidos en suspensión y turbidez del agua cruda.

Se han realizado ensayos para aguas de distinta turbidez, en concreto de 200, 100, 30 y 10 NTU. Los resultados se han comparado con un coagulante sintético habitualmente utilizado en el tratamiento del agua potable (Policloruro de Aluminio-PAC) y con un control o blanco (agua turbia sin adición de coagulante pero sometida a las condiciones de agitación y sedimentación del Test de Jar) que sirve como referencia. El gráfico 1 muestra a modo de ejemplo los resultados obtenidos para agua turbia de 100 NTU.

Gráfico 1.- Actividad coagulante de los extractos ensayados en agua turbia de 100 NTU.



En el gráfico se observa que la actividad coagulante del extracto preparado a partir de semillas de *Moringa oleifera* sin aceite es similar a la obtenida con un coagulante químico comercial (PAC), consiguiéndose valores superiores al 90% de eliminación de turbidez del agua cruda. El agua sin adición de coagulante (control) apenas consigue reducir un 2% la turbidez del agua inicial, y el EC con aceite aunque presenta actividad, ésta es un 40% inferior a la obtenida con los mejores extractos.

Aplicación en agua real. Calidad del agua tratada

Finalmente, los extractos obtenidos se han probado en agua superficial real en una secuencia de potabilización completa, analizando la calidad del agua tratada y comparando los resultados obtenidos con las especificaciones indicadas de calidad físico-química del agua apta para consumo humano del Real Decreto 140/2003 del agua potable (Ministerio de la Presidencia, 2003) y las indicaciones de la OMS. Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto que es posible aplicar el extracto para el tratamiento de agua superficial, reduciendo la turbidez y de sólidos en suspensión, a valores comparables al tratamiento con PAC y manteniendo estables valores de pH, conductividad, color aparente, color verdadero, cloruros o dureza total y por debajo del límite marcado por el RD 140/2003. Además se genera entre 2-6 veces menor volumen de lodos que con el PAC. No obstante, debido a la carga orgánica que presenta el extracto de Moringa, si es adicionado al agua cruda, provoca un aumento de la carga orgánica y en consecuencia del parámetro de oxidabilidad al permanganato, no excediendo en ningún caso el valor límite marcado por el RD.

Valorización del residuo obtenido tras la extracción del coagulante y de otros subproductos de la planta

Los residuos conseguidos en el proceso de obtención del coagulante: cáscara y sólido sin proteína coagulante y la madera del árbol, se ha estudiado con el fin de determinar su

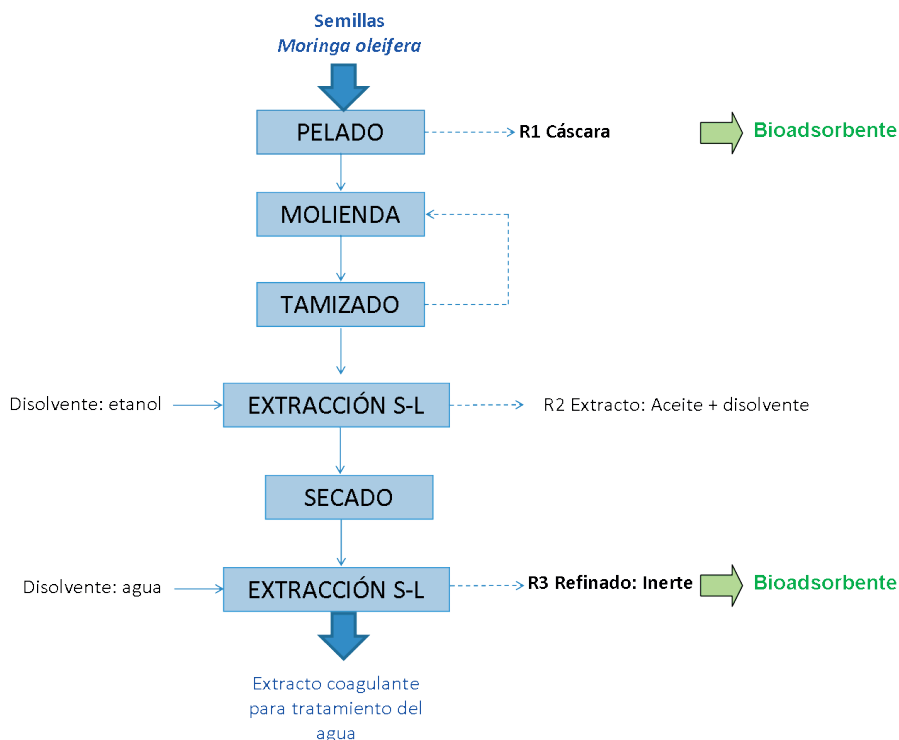


capacidad como bioadsorbente, es decir, su capacidad de eliminación de metales pesados en agua. En primer lugar se ha determinado el proceso de preparación y acondicionamiento del bioadsorbente y, en segundo lugar, se ha determinado su capacidad adsorbente en disoluciones sintéticas de metales pesados, en concreto de Cadmio y Cobre. Para ello, se han estudiado las condiciones óptimas de ensayo que permiten la máxima eliminación de metal pesado. En concreto, se ha estudiado el tiempo de contacto, pH, temperatura y concentración de metal inicial, que consiguen un mayor porcentaje de eliminación de metal pesado de la disolución. La optimización de cada parámetro se ha estudiado por separado, realizando ensayos por lotes. A modo de ejemplo se cita que para el caso de la cáscara de Moringa y para las condiciones óptimas de ensayo se alcanzaron, con ambos adsorbentes, porcentajes de eliminación superiores al 96% y 95% para Cu y Cd, respectivamente para valores de pH de 6 unidades, tiempos de contacto de una hora, temperatura ambiente (25°C) y concentración inicial de metal pesado de 5 mg/L.

Propuesta del protocolo de obtención del compuesto activo coagulante

Como resultado de la investigación se ha obtenido un protocolo sencillo de preparación del extracto, que permite obtener un coagulante de efectividad similar a un coagulante químico comercial en capacidad de eliminación de turbidez para aguas de turbidez media. La figura 4 muestra de forma esquemática el protocolo de preparación del mismo.

Figura 4.-Esquema de preparación del extracto coagulante de *Moringa Oleífera*.





En ella se observa de forma esquemática la secuencia de etapas que es necesario llevar a cabo para la preparación del extracto coagulante, indicando en cada una de ellas los medios necesarios y los residuos obtenidos, así como la valorización de cada uno de ellos. Tanto el R1 como el R3 pueden ser utilizados como bioadsorbentes para la eliminación de metales pesados, y el R2 compuesto por la mezcla aceite-disolvente, convenientemente destilado permite reciclar el disolvente en una nueva extracción Sólido-Líquido y recuperar el aceite para uso alimentario, doméstico, cosmético o farmacéutico.

VALORACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO

En primer lugar, nos gustaría resaltar la importancia de la iniciativa ADSIDEO-Cooperación para la financiación de iniciativas de I+D+i relacionadas con la cooperación al desarrollo en el entorno universitario. Por nuestra experiencia como investigadores, sabemos que existen múltiples convocatorias destinadas a la financiación de la investigación básica y aplicada a través de diferentes organismos convocantes, sin embargo las dedicadas a la mejora de la tecnología para el desarrollo humano son escasas.

De hecho, desde el comienzo de nuestra actividad en el año 1998, siempre hemos encontrado dificultades para desarrollar este tipo de investigación debido a su enfoque. Las convocatorias existentes apoyaban sobretodo aplicaciones de campo pero no investigación, lo que nos ha permitido colaborar con ONGDs españolas y locales con el fin de implantar la tecnología desarrollada y divulgar la acción realizada. No obstante, la investigación en sí siempre ha tenido que financiarse a través de recursos propios o convenios con otros organismos. Por ello, creemos que iniciativas como ADSIDEO deberían estar más extendidas, dado que es posible realizar investigación técnica útil y de calidad que esté relacionada con la cooperación al desarrollo.

En relación a nuestro proyecto, a nivel académico, el programa ADSIDEO-Cooperación ha supuesto poder encontrar por fin una convocatoria con el enfoque adecuado para llevar a cabo la investigación sobre potabilización con coagulante naturales, con resultados orientados no solo a la productividad científico-técnica sino también a la proyección humano-social contribuyendo a la mejora de las condiciones de vida de las personas, además de la implicación de estudiantes y profesionales.

A nivel personal, ha supuesto poder dar continuidad a la idea original del proyecto Aquapot y a la investigación iniciada en la tesis doctoral, y a poder establecer contactos con otras instituciones universitarias españolas y extranjeras, interesadas en la Moringa. Por eso creemos que este proyecto puede ser la semilla para poder seguir avanzando en la investigación, y lograr que se generalice el uso del extracto de la semilla de Moringa para el tratamiento del agua en zonas rurales o de escasos recursos. En definitiva, a contribuir en la medida de lo posible a lograr el derecho universal del ser humano al acceso al agua potable.

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos profesionales, estudiantes y organizaciones que han contribuido en el proyecto Aquapot y en este proyecto que es su "hijo pequeño". En especial a Valle Ruiz, Javier Piris, Bianca Lucas, Francisco Rivera y Amparo Sepulcre por su implicación y su constancia, ¡¡¡gracias!!!



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnal, J.M., Sancho, M., Verdu, G., Lora, J. (2001). Design of a membrane facility for water potabilization and its application to third world countries. *Desalination*, 137: 63-69. [http://dx.doi.org/10.1016/S0011-9164\(01\)00205-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0011-9164(01)00205-3)
- Broekaert, W.F., Cammue, B.P.A., De Bolle, M.F.C., Thevissen, K., De Samblanx, G.W., Osborn, R.W. (1997). Antimicrobial Peptides from plants. *Critical reviews in plant sciences*, 16: 297-323. <http://dx.doi.org/10.1080/07352689709701952>
- Broin, M., Santaella, C., Cuine, S., Kokou, K., Peltier, G., Joët, T. (2002). Flocculent activity of a recombinant protein from *Moringa oleifera* Lam seeds. *Applied Microbiology Biotechnology*, 60: 114-119. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-002-1106-5>
- Butler R. (2008). Skyjuice technology impact on the UN MDG outcomes for safe affordable potable water. Actas del Seminario Internacional *Water and Sanitation in international development and disaster relief*, Edimburgo (Reino Unido), pp 731-737.
- Chuang, P.H., Lee, C.W., Chou, J.Y. Murugan, M., Shieh, B.J. Chen, H.M. (2007). Antifungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa Oleifera* Lam. *Bioresource technology*, 98: 32-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2005.11.003>
- Elimelech, M. (2006). The global challenge for adequate and safe water. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 55(1): 3-10.
- Ferrao, A.M.B., Ferrao, J.K. (1987). Fatty acids of the oil of Moringueiro (*Moringa oleifera*). *Agronomics Angol.*, 30: 3-16.
- Fewtrell, L., Kaufmann, R.B., Kay, D., Enanoria, W., Haller, L., Colford, J.M. (2005). Water Jr., sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infectious Diseases*, 5: 42–52. [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)01253-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(04)01253-8)
- Ganjidoust, H., Tatsumi, K., Yamagishi, T., Gholian, R.N. (1997). Effect of syntethic and natural coagulant on ligning removal from pulp and paper waste water. *Water Science Technology*, 35: 286-291. [http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223\(96\)00943-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223(96)00943-2)
- Garrow, R.S. (2008). Two technologies which just need energy to clean drinking and waste waters. Actas del Seminario Internacional *Water and Sanitation in international development and disaster relief*, Edimburgo (Reino Unido), pp. 738-746.
- Groendjik, L., de Vries, H.E. (2008). Development of a Mobile water maker, a sustainable way to produce safe drinking water in developing countries. Actas del Seminario Internacional *Water and Sanitation in international development and disaster relief*, Edimburgo (Reino Unido) pp. 118-127.
- Jahn, S.A.A. (1988). Using Moringa seeds as coagulants in developing countries. *Journal of American Water Works Association*, 80: 43–50.
- Jahn S.A.A. (1999). From clarifying pearls and gems to water coagulation with alum-History, surviving practices and technical assessment. *Anthropos*, 94: 419-430.
- Kawuamura, S. (1991). Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. *Journal of American Water Works Association*, October: 88-91.
- Lee, S.H., Lee, S.O., Jang, K.L., Lee, T.H. (1995). Microbial flocculant from Arcuadendron SP-49. *Biotechnology Letters*, 17: 95-100. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00134203>



- Lee, E.J., Schwab, K.J. (2005). Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *Journal of Water and Health*, 3(2): 109-127.
- Mara, D.D. (2003). Water, sanitation and hygiene for the health of developing nations. *Public Health*, 117: 452-456. [http://dx.doi.org/10.1016/S0033-3506\(03\)00143-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0033-3506(03)00143-4)
- Meysami, B., Kasaeian, A.B. (2005). Use of coagulants in treatment of olive oil wastewater model solutions by induced air flotation. *Bioresource Technology*, 96: 303-307. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2004.04.014>
- Ministerio de la Presidencia de España. (2003). Real Decreto 140/2003 sobre Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *Boletín Oficial del Estado*, 45: 7228-7245.
- Mintz, E., Bartram, J., Lochery, P., Wegelin, M. (2001). Not just a drop in the bucket: expanding access to point-of-use water treatment systems. *American Journal of Public Health*, 91: 1565-1570. <http://dx.doi.org/10.2105/AJPH.91.10.1565>
- Montgomery, M.A., Elimelech, M. (2007). Water sanitation in developing countries: including health in the equation. *Environmental Science and Technology*, 1: 17-24. <http://dx.doi.org/10.1021/es072435t>
- Muyibi, S.A., Okuofu, C.A. (1995). Coagulation of low turbidity surface water with *Moringa oleifera* seeds. *International Journal of Environmental Studies*, 48: 263-273. <http://dx.doi.org/10.1080/00207239508710996>
- Naciones Unidas (1992). Programa 21. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y desarrollo: Cumbre de la tierra, Río de Janeiro (Brasil).
- Naciones Unidas. (2000). Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas. A/55/L.2. Declaración del Milenio. Disponible via web: <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/ares552.html>
- Naciones Unidas. (2002). Economic and Social Council 2002 Committee on Economic Social and Cultural Rights, General Comment No. 15. 2002 The Right to Water (Arts. 11 and 12 of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights) Twenty-ninth session, Geneva, 11-29 November 2002. E/C.12/2002/11.
- Naciones Unidas. (2005). Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas. A/60/158. Medidas adoptadas para organizar las actividades del Decenio Internacional para la Acción, "El agua, fuente de vida", 2005-2015. Disponible via web: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/60/158&Lang=S
- Naciones Unidas (2014). <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/sanitation.shtml>
- Naciones Unidas (2015). Objetivos de desarrollo del Milenio y más allá del 2015. <http://www.un.org/es/millenniumgoals/enviro.shtml>
- Nautiyal, B.P., Venhataraman, K.G. (1987). *Moringa* (drum stick) an ideal tree for social forestry: growing conditions and uses part I. *My Forest*, 23: 53-58.
- Ndabigengesere, A., Narasiah, K.S., Talbot, B.G. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*, 29: 703-710. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00161-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(94)00161-Y)
- Olsen, A. (1987). Low technology water purification by bentonite clay and *Moringa oleifera* seed flocculation as performed in Sudanese villages: effects on *Schistosoma mansoni* cercariae. *Water Research*, 21: 517-522. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(87\)90059-5](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(87)90059-5)



- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2003). Constraints Affecting the Development of the Water Supply and Sanitation Sector.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2007). Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares. Geneva, Switzerland.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2014). UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2014 – report. Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities. http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/wss/constraints.html.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO-WWAP (2003). Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Agua para todos, agua para la vida.
- Özacar, M., Sengil, I.A. (2000). Effectiveness of tannins obtained from Valonia as a coagulant aid for dewatering of sludge. *Water Research*, 34: 1407-1412. [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00276-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00276-6)
- Peter-Varbanets, M., Zurbrugg, C., Swartz, C., Pronk, W. (2009). Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology. *Water research*, 43: 245-265. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2008.10.030>
- Programa de Naciones Unidas (PNUD). (2006). Informe de Desarrollo Humano: "Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua". Disponible via web: <http://hdr.undp.org/hdr2006/pdfs/report/HDR06-complete>.
- Sengupta, A., Gupta, M.P. (1970). Studies on the seed fat composition of Moringaceae family. *Fette, Seifen, Anstrichm.*, 72: 6–10. <http://dx.doi.org/10.1002/lipi.19700720103>
- Siddhuraju, P., Becker, K. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 15: 2144-2155. <http://dx.doi.org/10.1021/jf020444+>
- Sharma, P., Kumari, P., Srivastava, M.M., Srivasatava, S. (2006). Removal of cadmium from aqueous system by shelled *Moringa oleifera* Lam. seed power. *Bioresource technology*, 97: 299-305. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.034>
- Snow, J. (1855). On the mode of communication of cholera, London: (John Churchill), New Burlington Street, England.
- Sobsey, M.D. (1989). Inactivation of health-related microorganisms in water by disinfection processes. *Water Science and Technology*, 21: 179-195.
- Sobsey, M.D., Stauber, C.E., Casanova, L.M., Brown, J.M., Elliot, M.A. (2008). Point of Use Household Drinking Water Filtration: A Practical, Effective Solution for Providing Sustained Access to Safe Drinking Water in the Developing World. *Environmental Science Technology*, 42: 4261–4267. <http://dx.doi.org/10.1021/es702746n>
- Sutherland, J.P., Folkard, G.K., Grant, W.D. (1989). Seeds of *Moringa* species as naturally occurring flocculants for water treatment. *Science, Technology and Development*, 7: 191-197.
- Tsaknis, J., Lalas, S., Grgis, V., Dourtoglou, V., Spoliotis, V. (1999). Characterization of *Moringa oleifera* variety mbololo seed oil of Kenya. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 4495-4499. <http://dx.doi.org/10.1021/jf9904214>



UNICEF. (2005). Informe del Estado Mundial de la Infancia 2005 Disponible via web: http://www.unicef.org/spanish/publications/index_24432.html

UNICEF. (2008). State of the world's children. Child Survival 2008. Disponible via web: <http://www.unicef.org/spanish/sowc08/docs/sowc08-sp.pdf>

UNICEF (2014). Informe mundial de la infancia 2014. Todos los niños y niñas cuentan. Revelando las disparidades para impulsar los derechos de la niñez. https://www.unicef.es/sites/www.unicef.es/files/emi_2014_0.pdf

Vasudevan, D., Gopalakrishna, K. (2002). Coagulation using ecofriendly natural coagulants. Proceedings of the 26th WEDC Conference: *Sustainable Environmental Sanitation and Water Services*. Calcutta (India).

Von Maydell, H.J. (1986). Trees and shrubs of the Sahel, their characteristics and uses. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*, 334-337.



DIAGNÓSTICO *IN-SITU* DE ENFERMEDADES TROPICALES (DISET)

Alba Hervàs-Mateu¹, Sergi Morais¹, Luis A. Tortajada-Genaro¹, Rosa Puchades¹, Magdalena García-Rodríguez², Enrique Ortega-González² y Ángel Maquieira¹

(1) Instituto Interuniversitario de Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tecnológico (IDM), Departamento de Química, Universitat Politècnica de València

(2) Unidad de Enfermedades Infecciosas, Hospital General Universitario de Valencia

RESUMEN

Las enfermedades endémicas son un azote en países en desarrollo. Algunas de ellas como el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), se solapa en zonas tropicales y subtropicales con otras epidemias como malaria y dengue.

Combatir estas enfermedades requiere tanto intervenciones socio-sanitarias como contar con buenas herramientas de diagnóstico efectivo y económicamente asequible. La gran mayoría de test analíticos son inadecuados, escasos y caros para utilizarse en los países en desarrollo; sin embargo, los gastos en diagnóstico son muy inferiores a los beneficios conseguidos en plazos muy cortos.

En el marco del programa de investigación ADSIDEO-Cooperación, el grupo Señal y Medida (SyM) del Instituto Interuniversitario de Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tecnológico (IDM) ha desarrollado una metodología de diagnóstico basada en tecnología de disco compacto, que a partir de suero sanguíneo, permite hacer un screening y conocer en 30 minutos si un paciente está infectado de VIH, malaria y/o dengue. Dada la elevada capacidad de trabajo, esta herramienta se ajusta muy bien a situaciones de emergencia (catástrofes, epidemias, etc.) en las que se requieren intervenciones intensivas de los servicios de diagnóstico, manejando un gran volumen de muestras en periodos muy cortos de tiempo, y llevados a cabo por personal poco formado. El proyecto DISET ha permitido demostrar las ventajas y capacidades de la tecnología desarrollada que ha sido contrastada con las técnicas utilizadas en los centros hospitalarios españoles.

INTRODUCCIÓN

En el año 2000 los países miembros de las Naciones Unidas acordaron una serie de objetivos del desarrollo humano a cumplir en 2015. Entre otros propósitos, combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades fue uno de ellos y ha tenido en esta década un impulso sin precedentes. Todo ello gracias a que las inversiones realizadas en la prevención



y control de enfermedades infecciosas han permitido alcanzar parcialmente metas como la ampliación del acceso y el recurso a pruebas de diagnóstico. En este sentido, la organización mundial de la salud (OMS) ha apostado por proponer e incentivar acciones encaminadas al fortalecimiento del diagnóstico, tratamiento y vigilancia para que los países afectados mejoren radicalmente la salud de la población, a la vez que eliminen los obstáculos hacia el desarrollo educativo y económico. Combatir estas enfermedades ha sido posible mediante la realización de intervenciones como invertir en educación sanitaria y en el desarrollo de herramientas analíticas de diagnóstico sensibles, selectivas, rápidas y baratas. Así, los dispositivos para análisis de enfermedades infecciosas son esenciales para el diagnóstico y prevención de modo que garanticen que los tratamientos sean seguros y eficaces. El logro de los objetivos de desarrollo relacionado con salud, incluidos los Objetivos de Desarrollo del Milenio, depende por lo tanto, de que se desarrollen, evalúen, adquieran y utilicen dispositivos de buena calidad, seguros y compatibles con los entornos en que se emplean.

Desde la Universitat Politècnica de València (UPV), el grupo Señal y Medida (SyM) en Química del Instituto Interuniversitario de Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tecnológico (IDM), ha desarrollado y evaluado una metodología de diagnóstico de enfermedades prevalentes con el objetivo principal de alcanzar un impacto real en la lucha contra la pobreza y en el desarrollo humano en regiones desfavorecidas.

Esta metodología está basada en tecnología de disco compacto y permite conocer en 30 minutos si un paciente está infectado de VIH, malaria y/o dengue a partir de suero sanguíneo. El dispositivo presenta una elevada capacidad de trabajo y se ajusta muy bien a situaciones de emergencia en donde se requiere mejorar los servicios de diagnóstico, manejar un gran volumen de muestras y realizar ensayos en cortos periodos de tiempo sin personal formado.

Otro de los propósitos del proyecto ha sido evaluar el uso del equipo y ensayos de diagnóstico desarrollados para tal efecto, comparando los resultados con los obtenidos mediante los métodos de detección en uso en centros sanitarios, y así conocer los pros y contras de la metodología propuesta. Además, se ha planteado la elaboración y transferencia de procedimientos y protocolos de trabajo. Como parte importante de la acción investigadora también se han difundido los resultados, las conclusiones y experiencias obtenidas del proyecto por medio de ponencias orales y en formato póster.

En definitiva, la finalidad del proyecto ha sido mejorar las infraestructuras y aumentar el volumen de análisis que se realizan, con el fin de reducir el impacto de epidemias, la duración e intensidad de las enfermedades, posibilitando que toda persona que las sufre tenga acceso a mejores servicios de salud sin elevar los costes.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Descripción

Los ensayos inmunológicos son actualmente los más empleados en diagnóstico de enfermedades tropicales, especialmente utilizados como sistemas de *screening*. Estos se comercializan en diferentes formatos (placa, tiras reactivas, etc.) y muestran una buena sensibilidad y selectividad. Sin embargo, el precio de estos ensayos es un factor limitante -entre 8 y 20 €/unidad, de acuerdo con Oliva *et al.* (2009)- para que se empleen como sistemas de diagnóstico en países donde una gran mayoría de la población vive con menos

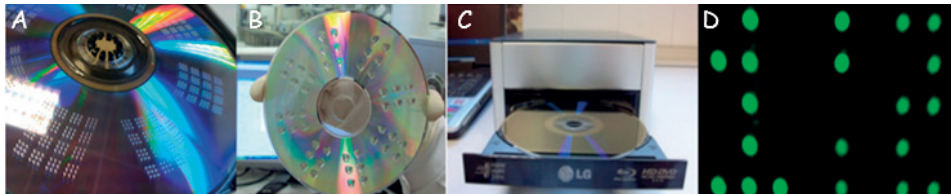


de un euro al día. Por lo tanto, se requiere de sistemas de ensayo que sean muy baratos pero que sigan siendo fiables, robustos, de fácil manejo, con gran capacidad de trabajo y asequibles para que el acceso a este tipo de pruebas en zonas con pocos recursos sea posible.

El grupo de investigación SyM ha desarrollado un sistema biosensor basado en tecnología de disco compacto que se ajusta en gran medida a las exigencias señaladas. El precio de un disco compacto (CD/DVD) es de 0'2€ y un reproductor tipo disc-man, que utiliza dos pilas, cuesta alrededor de unos 25€. Además, los lectores de CDs están disponibles en cualquier lugar del mundo, incluso en los países en vías de desarrollo cuyo número se calcula en centenas de millones (Walker, 2014), lo que nos da una idea de su ubicuidad.

La metodología desarrollada por el grupo ha permitido poner a punto ensayos multianálisis para cuantificación de residuos de plaguicidas y fármacos (Morais *et al.*, 2009), de alérgenos en alimentos (Tortajada-Genaro, *et al.*, 2012), bacterias (Arandis-Chover *et al.*, 2012) y virus (Bañuls *et al.*, 2012), utilizando formatos de microarray y técnicas de biología molecular. Los ensayos se realizan sobre discos compactos tipo DCD, DVD y Blu-ray (figura 1).

Figura 1.- A) Imagen de un DVD impreso con los biorreactivos necesarios. B) Imagen de un DVD analizando 48 muestras simultáneamente. C) Lector de DVDs comercial. D) Resultados obtenidos después de la lectura de un DVD biosensor.



Esta imagen ilustra la fácil interpretación de los resultados obtenidos con esta metodología; en este caso, la muestra analizada resultó positiva para ambos serotipos de VIH, representados en el microarray como un 1 y un 2 respectivamente

Las principales ventajas que presenta nuestra metodología residen principalmente en el bajo coste de la misma, así como en la baja cantidad de reactivos. Nuestro desarrollo utiliza los mismos reactivos que las metodologías de referencia (ELISA), pero sin embargo, tanto el volumen como la concentración de los mismos es muy inferior, por lo que resulta ser una metodología muy eficiente al obtener resultados similares. En cifras, la metodología solo requiere un 2% de reactivo de tapizado, un 0'05% de anticuerpo específico y, en los formatos que lo requieren, un 2'6% de revelador. Además, resulta ser un método muy poco invasivo para el paciente, dado que se requieren únicamente 50 µL de suero sanguíneo.

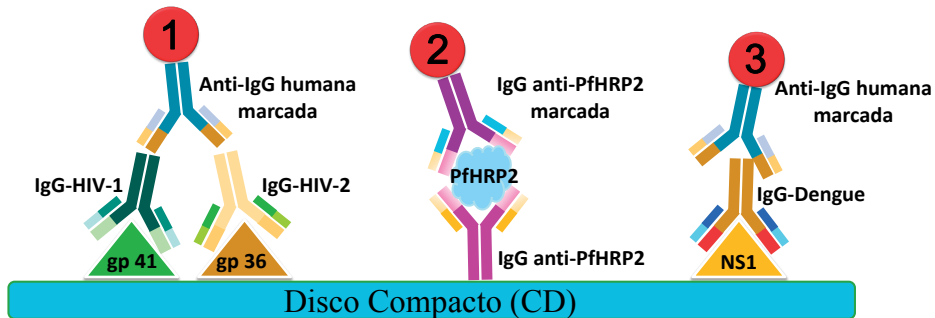
Otra de las ventajas que hacen de nuestra metodología una alternativa real para su aplicación en zonas endémicas es la capacidad de multiplexado, pudiéndose diagnosticar simultáneamente varias enfermedades prevalentes, utilizando una gota de sangre. Además, presenta una alta capacidad de trabajo al poder analizar 50 muestras en un disco en tiempos cortos.

Metodología

El inmunoensayo es la metodología de referencia empleada para la detección de VIH, malaria y dengue, el cual se trata de una técnica analítica basada en la capacidad de reconocimiento y unión específica que presentan los anticuerpos frente a antígenos que infectan nuestro organismo. El principio de reconocimiento se basa en la alta afinidad que presentan los anticuerpos para unir simultáneamente dos epítomos independientes de un mismo antígeno. Una de las principales ventajas que presentan los inmunoensayos como técnicas de *screening* de enfermedades infecciosas es que la señal generada es directamente proporcional a la concentración de analito, lo cual permite diseñar ensayos cuantitativos.

La figura 2 ilustra un esquema del principio de los inmunoensayos para la detección de HIV, malaria y dengue. En nuestro caso, la plataforma de ensayo es un disco compacto comercial tipo DVD, donde se inmovilizan por adsorción pasiva bioreceptores específicos (gp41 y gp36 para HIV e IgGs anti-PfHRP2 y NS1 para malaria y dengue, respectivamente) en formato de micromatriz (puntos de 500 µm de diámetro). Anticuerpos marcados con oro coloidal (representados en la figura con un círculo rojo numerado) específicos de cada enfermedad se utilizan como especies detectoras. Como resultado del reconocimiento molecular y tras una etapa de amplificación se genera un precipitado insoluble en cada punto de la micromatriz.

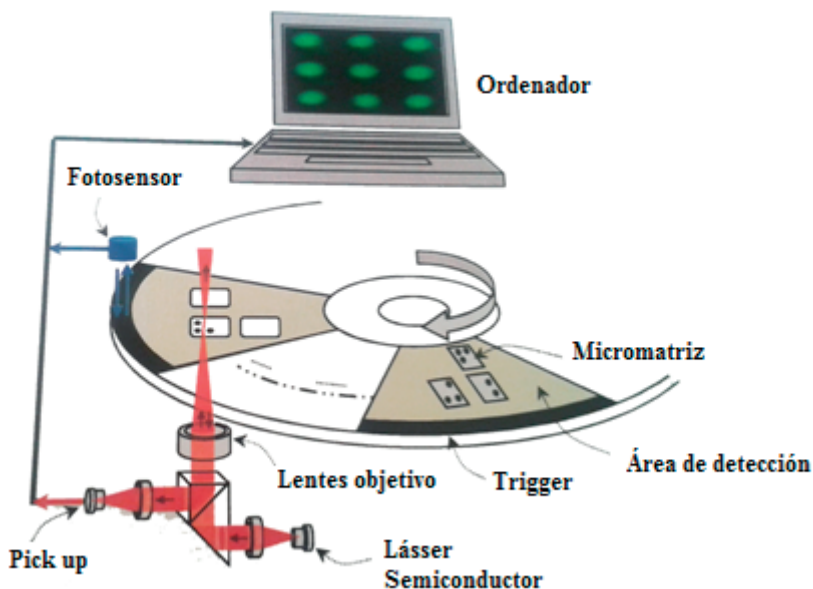
Figura 2.- Esquema de los inmunoensayos desarrollados en DVD para el diagnóstico de (1) VIH, (2) malaria, y (3) dengue.



Empleando un grabador de discos compactos se procede a la lectura de los resultados. El sistema de detección utiliza un diodo láser semiconductor propio del grabador de discos como fuente de excitación y un fotodiodo (*pickup*) como detector de la señal reflejada. El principio de lectura se basa en que en los ensayos positivos se genera un producto insoluble que atenúa la intensidad del haz láser (figura 3).



Figura 3.- Representación esquemática del sistema de detección.



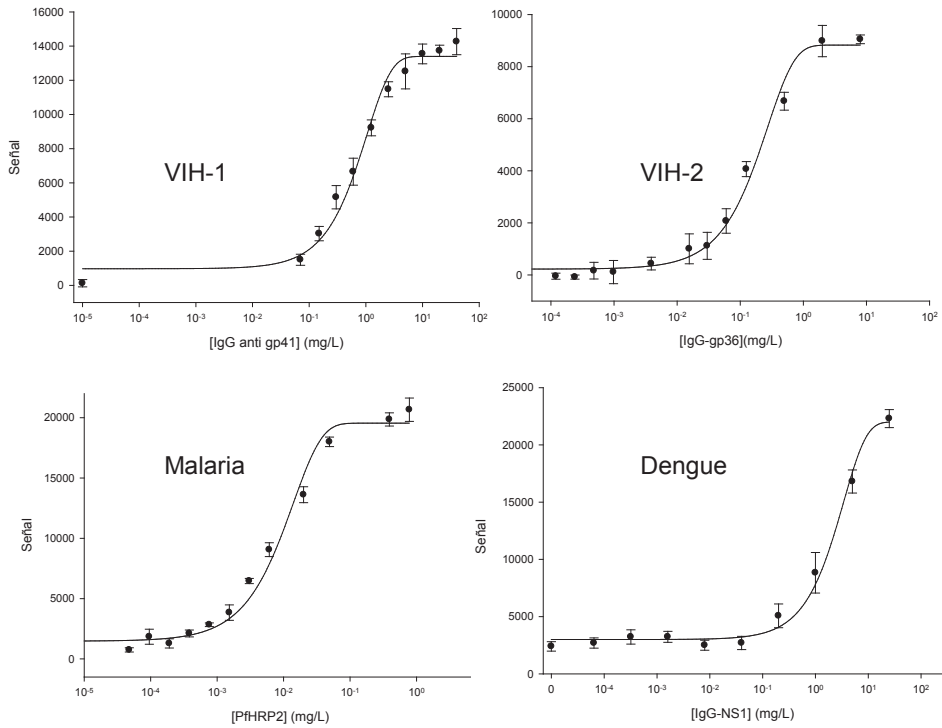
El grado de atenuación se relaciona directamente con la concentración de analito, es decir, a mayor concentración de este, mayor densidad óptica del producto insoluble y por lo tanto mayor atenuación de señal. Esta relación directa y proporcional permite la cuantificación de analitos. Un software propio para análisis de datos proporciona los valores de los parámetros analíticos como sensibilidad (EC_{50}), definida como la concentración de analito que reduce la señal máxima a la mitad; intervalo de trabajo (RD), dado por la concentración de analito que produce señales comprendidas entre el 80 y el 20% de la señal máxima, así como el límite de detección (LD) y de cuantificación (LQ).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El desarrollo de las investigaciones se efectuó de modo que en primer lugar, se procedió a la puesta a punto de los ensayos de HIV, malaria y dengue de modo individual, utilizando suero sanguíneo de humano sano. Este estudio comprendió la optimización de las variables más críticas que afectan al ensayo como, concentración de bioreceptor inmovilizado, medio de impresión, tiempo de incubación, efecto matriz, marcaje, etc., utilizando como criterios la sensibilidad y selectividad.

En la figura 4 se muestran las curvas de calibrado obtenidas para cada uno de los ensayos objeto de estudio. La sensibilidad medida como EC_{50} y el límite de detección de los ensayos fueron 0'75, 0'41, 0'01, y 6'3 mg/L, y 40, 70, 12, y 110 μ g/L para HIV-1, HIV-2, malaria y dengue, respectivamente. A la vista de los resultados, se puede concluir que los ensayos desarrollados permiten la cuantificación de los antígenos a niveles suficientemente bajos, permitiendo detectar los estadios más tempranos de la enfermedad e incluso en el caso de la malaria, determinar el grupo de parasitemia.

Figura 4.- Curvas de calibrado normalizadas para VIH-1, VIH-2, malaria y dengue.



Desde 2011, nuestro grupo de investigación colabora con el hospital del Hospital General Universitario de Valencia referente en enfermedades infecciosas de la Comunitat Valenciana. Esta colaboración nos ha permitido evaluar la metodología con muestras infectadas y comparar resultados con los obtenidos con las metodologías de rutina empleadas en el citado hospital para la detección de VIH, malaria y dengue.

En referencia al diagnóstico de suero sanguíneo de pacientes enfermos y sanos, en la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos del análisis de 22 muestras mediante nuestra tecnología y la empleada por el hospital en los diagnósticos rutinarios de sida (ARCHITECT® HIV).



Tabla 1. - Resultados comparativos para la detección del VIH en suero humano. RSR:Relación-sígnal-ruído.

	ID	RSR* VIH-1	RSR VIH-2	DVD	ARCHITECT® HIV
1	12094245	11	0	VIH-1	VIH-1
2	15178919	13	1	VIH-1	VIH-1
3	15177986	5	13	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
4	14994270	0	16	VIH-2	VIH-2
5	15175549	6	4	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
6	14994270	20	36	VIH-1 y VIH-2	VIH-2
7	12093060	1	1	SANO	SANO
8	14994270	1	20	VIH-2	VIH-2
9	15173127	10	8	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
10	12093056	10	8	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
11	15167941	0	0	SANO	SANO
12	14994270	0	11	VIH-2	VIH-2
13	15161827	12	0	VIH-1	VIH-1
14	15154131	10	7	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
15	15156333	11	4	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
16	15152274	10	7	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
17	14994270	2	5	VIH-1 y VIH-2	VIH-2
18	12092106	0	0	SANO	SANO
19	15146841	7	5	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
20	15153200	6	0	VIH-1	VIH-1
21	15153092	6	12	VIH-1 y VIH-2	VIH-1
22	15148289	0	0	SANO	SANO
23	14994270	9	10	VIH-1 y VIH-2	VIH-2

A la vista de los resultados, se concluye que para el total de sueros estudiados, no se obtuvo ningún falso positivo, diferenciándose perfectamente en todos los casos, los sueros infectados por VIH de los sueros sanos. El diagnóstico, por tanto, fue preciso en el 100% de las muestras o, lo que se traduce en términos médicos, como unos valores predictivos tanto negativos como positivos del 100%. A su vez, se puede afirmar que en la mayoría de los casos también la metodología desarrollada permite realizar un diagnóstico diferencial entre VIH-1 y 2.

En lo que respecta a los resultados obtenidos para el diagnóstico de malaria, únicamente se disponía de dos muestras infectadas. Los resultados del análisis de estas muestras se recogen en la figura 5. Como se observa, únicamente los sueros infectados de malaria (según el diagnóstico del hospital) dan señales superiores al límite de detección del sistema (12 µg PfHRP2/L), mientras que las muestras de VIH+ y suero sano dieron resultados negativos (< LD).



parte de las enfermedades transmitidas por el agua (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2003).

La falta de acceso al agua potable y saneamiento tiene además repercusiones más graves. Muchos niños –y especialmente las niñas– no pueden ejercer el derecho a la educación debido a que deben pasar gran parte del día caminando varios kilómetros para transportar agua hasta sus hogares. Hay más de 125 millones de niños menores de 5 años cuyos hogares no tienen acceso a fuentes de agua potable (UNICEF, 2008). Además, cada día, un promedio de más de 1.400 niños mueren por enfermedades diarreicas debido al consumo de agua contaminada, la falta de saneamiento y la higiene deficiente (UNICEF, 2014). Se estima que el 30% de la mortalidad infantil tiene su origen en las enfermedades hídricas y, del total de defunciones vinculadas con la diarrea, el 90% ocurren en niños menores de 5 años de edad (UNICEF, 2005).

La tabla 1 muestra la influencia que sobre la mortalidad infantil y la esperanza de vida al nacer posee el acceso al agua potable y el saneamiento mejorado. Esta tabla recoge los principales indicadores de desarrollo relacionados con el agua, la salud y el saneamiento de siete países seleccionados a nivel mundial.

Tabla 1.- Indicadores de desarrollo, en relación al agua, saneamiento y salud.

Puesto	País	Esperanza vida al nacer (años)	Muertes niños < 5 años debido a agua insalubre, saneamiento no mejorado o falta de higiene (cada 100.000)	Población acceso saneamiento mejorado (%)*	Población acceso fuentes agua mejoradas (%)*
1	Noruega	81	0	100	100
5	E. Unidos	79	0	100	100
27=	España	82	0	100	100
98	Ecuador	76	63	89	94
135	India	66	316	33	86
178	Mozambique	50	388	32	43
187	Nigeria	52	1229	13	46

Fuente: PNUD 2006, UNICEF 2014. *Datos 2006.

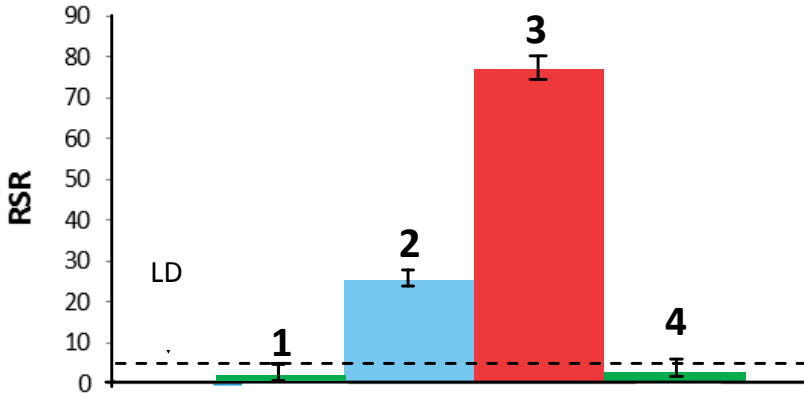
En la tabla 1, se observa que mientras que en países desarrollados como España o Noruega el 100% de las necesidades en relación al acceso al agua potable y al saneamiento están cubiertas, en países en desarrollo como Mozambique o Nigeria, menos del 45% de la población posee acceso a fuentes de agua o saneamiento mejorado. Esta situación, disminuye considerablemente la esperanza de vida y salud, especialmente de la población más sensible como son los niños y niñas.

La problemática asociada a la falta de acceso al agua potable en los países en vías de desarrollo posee numerosas causas de distinta índole que conviene analizar:

- **Técnicas y económicas:** en muchos países en desarrollo la mayor parte de la población es eminentemente rural por lo que vive en núcleos dispersos de población reducida. Esto



Figura 5.- Relación señal ruido (RSR) obtenida para cuatro sueros estudiados en el ensayo de diagnóstico de malaria. Los sueros analizados fueron: suero VIH+ (1), sueros positivos para malaria (2 y 3) y un suero sano (control negativo, 4).



Ante la imposibilidad de conseguir un mayor número de muestras reales infectadas por malaria, se optó por analizar muestras de suero humano sanas dopadas con distintas concentraciones de PfHRP2. Los resultados se muestran en la tabla 2. Como se observa, las muestras no infectadas se detectaron en todos los casos como negativas (< LD) y las muestras dopadas con niveles de PfHRP2 relacionados con parasitemia baja (15-20 µg/L), media (50-150 µg/L) y alta (> 250 µg/L), se cuantificaron correctamente.

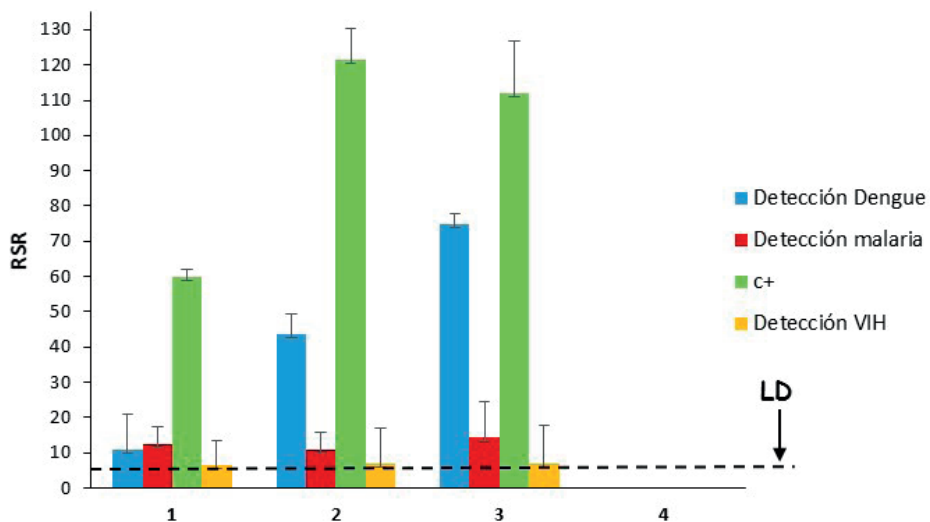
Tabla 2.- Resultados del análisis de malaria en muestras de suero dopado.

ID	PfHRP2 añadida (µg/L)	PfHRP2 detectada (µg/L)	ID	PfHRP2 añadida (µg/L)	PfHRP2 detectada (µg/L)
1	0	< LD	9	125	136
2	0	< LD	10	125	133
3	0	< LD	11	250	221
4	0	< LD	12	250	245
5	15	14	13	500	> 275
6	15	17	14	500	> 275
7	62,5	68	15	1000	> 275
8	62,5	63	16	1000	> 275



En el caso de las muestras de dengue, también se obtuvieron resultados satisfactorios. Si bien solo se disponía de dos muestras positivas de acuerdo a los resultados proporcionados por el hospital, se puede observar (figura 6) la elevada diferencia de señal entre el suero sano y los infectados. Estos resultados indican que la metodología permite detectar dengue en pacientes infectados. Sin embargo, hay que tomar estos resultados con cautela y en la medida de lo posible, analizar más muestras infectadas para corroborar la sensibilidad y selectividad de la metodología.

Figura 6.- Resultados del ensayo de dengue (1: suero sano, 2-3: suero infectado de dengue).



Los estudios de selectividad realizados mediante nuestra tecnología para la detección de las tres enfermedades simultáneamente son también preliminares, pero hasta el momento, los resultados obtenidos con las pocas muestras disponibles indican que cada ensayo es específico y que el sistema responde relativamente de modo selectivo para las tres enfermedades.

En resumen, la buena sensibilidad y selectividad de los ensayos individuales desarrollados permite un primer diagnóstico para las tres enfermedades citadas.

Desde el punto de vista instrumental, nuestro desarrollo solo requiere un lector de CDs. Por otro lado, los ensayos tienen lugar en la superficie de un DVD pre-tapizado con las sondas específicas para cada ensayo. Todo ello hace que el dispositivo tenga capacidad para analizar entre 1 y 50 muestras diferentes, a precios muy competitivos (1 €/disco) en tiempos reducidos (30 min.), siendo fácilmente manejable en campo por una persona no especialista.

Su robustez física, su mínimo consumo de energía y su nulo mantenimiento, la hace muy atractiva para los fines señalados. Es por esto, que la metodología puesta a punto en la UPV, se puede transferir a entidades sanitarias con la finalidad de aplicarla en campo,



en situaciones en las que se requiera un *screening* masivo. Por ejemplo, en la llegada de personas indocumentadas a nuestro país desde países donde estas enfermedades son endémicas, o en el ámbito internacional en los puntos de actuación de las entidades humanitarias, además de utilizarse en las prácticas habituales en hospitales.

Actualmente, los desarrollos (métodos y equipamiento) fruto de este proyecto están en evaluación por el ministerio de sanidad de Ecuador, con el objetivo de realizar ensayos piloto para evaluar su potencial en prevención sanitaria y lucha contra epidemias.

VALORACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO

La participación en el proyecto ha permitido afrontar el reto de poner a punto una metodología analítica para ensayo de enfermedades de gran prevalencia como SIDA, malaria y dengue. Desde el punto de vista de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), este proyecto se enmarca dentro del ODM-6 el cual propone entre otros objetivos combatir el SIDA, el paludismo y otras enfermedades para finales del 2015.

La metodología desarrollada para este fin utiliza tecnología de disco compacto que presenta como principales características la alta sensibilidad y selectividad, rapidez, bajo coste, portabilidad y facilidad de uso. Estas propiedades hacen de esta técnica una alternativa para realizar ensayos masivos que ayuden a conseguir el acceso universal a las pruebas diagnósticas en países con pocos recursos sanitarios. El dispositivo desarrollado resulta muy práctico desde el punto de vista del diagnóstico clínico, ya que el análisis se puede llevar a cabo por personal poco cualificado y en lugares con poca dotación de recursos materiales.

A nivel de investigación, el proyecto también ha permitido establecer colaboraciones con entidades que desempeñan su labor en el ámbito del Desarrollo y la Cooperación Internacional (Médicos Sin Fronteras, Organización Navarra para Ayuda entre los Pueblos -ONAY-, Fundación Recover) y en el ámbito clínico y hospitalario con el hospital de referencia en enfermedades infecciosas de la comunidad Valenciana (Consortio Hospital General Universitario de Valencia).

Estas colaboraciones han permitido evaluar la metodología desarrollada con muestras de suero infectadas, y comparar los resultados con los obtenidos con las técnicas empleadas de rutina en el citado hospital. En particular, esta labor ha significado un verdadero reto que se ha abordado satisfactoriamente, dados los resultados obtenidos. Los índices predictivos de verdaderos positivos y negativos fueron del 100%, evidenciando que el ensayo desarrollado para la detección, concretamente, de SIDA en humanos discrimina inequívocamente pacientes sanos de enfermos. Así pues, de acuerdo a los resultados obtenidos y las características del ensayo, se puede afirmar que esta metodología tiene capacidades y potencial como sistema de diagnóstico clínico para la detección de infecciones de gran prevalencia.

Además, estos resultados son muy relevantes desde el punto de vista de investigación ya que corroboran la capacidad predictiva y confirmativa de la metodología, lo que genera garantías para su futura aplicación en campo como herramienta de diagnóstico *in vitro*. En definitiva, la aplicación del desarrollo realizado en países con pocos recursos va a permitir aumentar el volumen de análisis que se realizan, con el fin de reducir la duración e intensidad de las enfermedades, posibilitando que toda persona que las sufre tenga acceso a mejores servicios de salud sin elevar los costes. Estos beneficios, en nuestro caso, se



concretan en valorar el impacto de una herramienta masiva, práctica y económicamente competitiva, que puede mejorar significativamente la asistencia sanitaria. Con todo ello se han cumplido los objetivos e iniciativas propuestas en el proyecto, especialmente en lo que respecta a la mejora de la prevención y promoción de la salud así como el acceso a servicios sociales básicos, equitativos y de calidad.

En definitiva, se puede concluir que una metodología como la desarrollada a nivel piloto puede ser de gran valor en países con grandes problemas sanitarios, especialmente en la reducción de la transmisión de enfermedades muy prevalentes y peligrosas. Se trata de una solución clínicamente fiable, rápida y de fácil aplicación e integración en los países donde se va a realizar la acción integral. Además, se plantea como transferencia de conocimiento y medios. Así, se puede desarrollar e implementar en países de renta baja con una infraestructura mínima en términos de formación y mantenimiento de dispositivos.

La participación de instituciones humanitarias es clave para la transferencia de conocimientos y tecnología, de modo que los recursos necesarios se gestionen de forma que puedan ser sostenibles a largo plazo, y permita la replicabilidad de este modelo a otros puntos de interés y reducir, de este modo, la denominada brecha tecnológica o acceso a soluciones válidas en otras partes del mundo. Con la experiencia adquirida durante el proyecto, el grupo se ve capacitado para promover la puesta en marcha de estrategias de desarrollo económicamente muy eficaces que redunden en mejoras de la salud y la atención sanitaria de modo casi inmediato.

Los resultados obtenidos están siendo objeto de estudio por el grupo de investigación de la UPV, para la redacción de un artículo para una revista científica de prestigio internacional en el área de Química Analítica.

Durante el periodo de desarrollo del proyecto se ha diversificado la visión del grupo en temas de cooperación y desarrollo. En este sentido, nuestro grupo ha abierto nuevas vías de cooperación internacional en un campo como es la salud en países en desarrollo para abordar problemáticas típicas de países con enfermedades endémicas. Concretamente, una de las acciones en la que el grupo está involucrado en colaboración con la Universidad Técnica Particular de Loja (UPTL), es en la implementación de un sistema piloto de apoyo a los servicios básicos de salud relacionados con enfermedades de elevada prevalencia y mortalidad en la provincia de El Oro, en Ecuador, a través del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, en Loja, y mediada por el Hospital Básico del cantón Machala. Para ello, ambas instituciones estamos en la fase de solicitud de financiación pública que financie esta iniciativa y otras en el área clínica con objetivos similares.

Esta colaboración entre la UPV y UPTL tiene como objeto fomentar el intercambio de experiencias con la participación de docentes y alumnos de ambas instituciones. Además, se plantea la posibilidad de colaboración entre profesionales de ambas entidades para la impartición de ponencias y seminarios.

Respecto a la difusión de los resultados, se han dirigido dos trabajos fin de grado. En concreto permitió la realización del trabajo fin de carrera de D^a Alba Hervás Matéu, Licenciada en Biotecnología, y el trabajo fin de grado en Biotecnología de D^a Sara Hernández Díaz con calificaciones de 9'5 y 9'0, respectivamente.

Los resultados se han presentado también en congresos y jornadas relacionadas con la temática de cooperación internacional y desarrollo humano. En lo que respecta a la presentación de los resultados en congresos, se realizó una ponencia oral en el *VI Congreso*



Universidad y Cooperación al Desarrollo, en Valencia, 24-26 Abril de 2013. El trabajo llevaba por título *Capacidad de la tecnología de disco compacto como herramienta de bajo coste para el diagnóstico de enfermedades tropicales*, siendo los autores Ángel Maquieira, Diana Tamayo, Luis Antonio Tortajada-Genaro, Sergi Morais y Rosa Puchades.

En julio del 2013, se realizó una ponencia tipo póster en el *VII International workshop on Sensors and Molecular Recognition*, celebrado en Valencia, con título *Desarrollo de una metodología de bajo coste para el diagnóstico de malaria*. Posteriormente; en el *VIII International workshop on Sensors and Molecular Recognition (2014)* se presentaron una ponencia oral y otra tipo póster con título *Inmunobiosensor para la detección del virus del SIDA en humanos y Sistema biosensor de bajo coste para el diagnóstico de malaria*, respectivamente.

En octubre de 2014, se realizó una ponencia oral invitada en el *X congreso internacional de estudiantes de Farmacia (CEFA)*, Alicante, 29-31 de octubre de 2014, que llevaba por título *Inmunosensor para la detección de enfermedades infecciosas en humanos*.

Como resultado del proyecto se obtuvo la mención honorífica en el *X Premio Científico-Técnico "Ciudad de Algemesí"*, 2014, por el trabajo con título *L'altra música dels CDs; Diagnòstic de malalties infeccioses*.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto DISET ha sido financiado por el programa de investigación ADSIDEO-Cooperación 2012.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnandis-Chover, T., Morais, S., Tortajada-Genaro, L.A., Puchades, R., Maquieira, A. Berganza, J., Olabarria, G. (2012). Detection of foodborne pathogens with DNA arrays on DVD disk. *Talanta*, 101: 405-412. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2012.09.049>
- Bañuls, M.J., González-Pedro, M.V., Puchades, R., Maquieira, A. (2012). Influenza A virus infection diagnosis based on DVD reader technology. *Anal. Methods*, 4: 3133-3139. <http://dx.doi.org/10.1039/c2ay25493j>
- Morais, S., Tortajada-Genaro, L.A., Arnandis-Chover, T., Puchades, R., Maquieira, Á. (2009). Multiplexed micro-immunoassays on digital versatile disk. *Anal. Chem.*, 81: 5646-5654. <http://dx.doi.org/10.1021/ac900359d>
- Oliva, G., Almazán, C., Guillén, M. (2009). *Prueba de detección rápida de la infección por VIH. - Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud*. Ministerio de Ciencia e Innovación. Agència d'Avaluació de Tecnologia i Recerca Mèdiques de Catalunya. Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AATRM Núm. 2007/03).
- Tortajada-Genaro, L.A., Santiago-Felipe, S., Morais, S., Gabaldón, J.A., Puchades, R., Maquieira, A. (2012). Multiplex DNA detection of food allergens on a digital versatile disk. *J. Agric. Food Chem.*, 60: 36-43. <http://dx.doi.org/10.1021/jf2037032>
- Walker, F.M., Ahmad, K.M., Eisenstein, M., Soh, T. (2014). Transformation of personal computers and mobile phones into genetic diagnostic system. *Anal. Chem.*, 86: 9236-9241. <http://dx.doi.org/10.1021/ac5022419>



CARACTERIZACIÓN DE PUZOLANAS DE ORIGEN VOLCÁNICO DE GUATEMALA: POSIBILIDADES DE USO EN MATERIALES PREFABRICADOS PARA CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS SOCIALES

Jordi Payá Bernabeu¹, Javier Quiñonez de la Cruz²,
M^a Victoria Borrachero Rosado¹, Lourdes Soriano Martínez¹,
Mauro Tashima¹, Ingrid Lorena Benitez Pacheco²,
Oscar Mauricio Sierra Acuña¹ y José María Monzó Balbuena¹

(1) Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH). Universitat Politècnica de València

(2) Universidad de San Carlos, Grupo de investigación Ecomateriales, Ciudad de Guatemala, Guatemala

RESUMEN

Los materiales puzolánicos, finamente molidos, mezclados con el cemento Portland, con cal o bien con mezclas de ambos conglomerantes, permite elaborar morteros y hormigones de buenas propiedades, que pueden llegar a superar a los de aquellos que no contienen puzolanas. De esta forma, la sustitución parcial del cemento Portland por puzolana, incluso mezclas de puzolanas con cal, sin necesidad de cemento portland, abarataría de forma considerable el coste final, además de ser más amigable medioambientalmente, ya que la producción de cemento portland es una actividad contaminante por la gran producción de dióxido de carbono. El proyecto desarrollado ha cumplido los objetivos propuestos, destacando los siguientes aspectos: (1) se han localizado numerosos yacimientos de puzolanas reactivas, y con los datos previos sobre la reactividad, se han seleccionado dos fuentes de materia prima; (2) se ha conseguido acondicionar granulométricamente esas muestras con el fin de obtener una reactividad puzolánica que ofrezca buen comportamiento; (3) se ha realizado una completa caracterización física, química y mineralógica de las dos puzolanas seleccionadas, y lo que es más importante, se ha llevado a cabo un intensivo estudio de la reactividad de las mismas por diversas técnicas químicas, instrumentales y mecánicas; (4) se han elaborado elementos constructivos basados en morteros de cemento, morteros de cal e incluso bloques de tierra estabilizada con contenidos importantes de las puzolanas naturales; y (5) se ha realizado un taller teórico/práctico en la Universidad de San Carlos (Guatemala) en el que han participado un número importante de alumnos guatemaltecos, así como de profesores y de profesionales del sector de la construcción. Destacar además que se ha defendido una tesis de master dentro del Master Oficial en Ingeniería del Hormigón.



INTRODUCCIÓN

La innovación en la esfera tecnológica resulta esencial para el progreso humano. La tecnología no es intrínsecamente buena ni mala, los resultados dependen de su aplicación. Se afirma que la tecnología es una recompensa del desarrollo. Es cierto que con el aumento de ingresos, las personas acceden a los beneficios que derivan de los avances tecnológicos, pero no es menos cierto que, en algunos casos, la tecnología, al igual que la educación, es un instrumento del desarrollo humano que permite a las personas salir de la pobreza (Informe PNUD, 2001).

La construcción está íntimamente ligada al desarrollo, y se convierte en una herramienta cuando su objetivo es atender las demandas de los beneficiarios. La selección de materiales y tecnologías constructivas apropiadas y la participación de los beneficiarios durante la construcción, pueden ser factores claves en la durabilidad y sostenibilidad de la infraestructura (Perez-Foguet, 2007; Stulz y Mukerji, 1993; Lorenzo, 2005).

El acceso a una vivienda digna es un reto que estamos lejos de conseguir. Más de 980 millones de personas viven en alojamientos perjudiciales para su salud en asentamientos urbanos precarios y una cifra superior, de la que no existe información, vive con una precariedad aún mayor en núcleos rurales aislados (Alvarez, 2008). El acceso a una vivienda digna implica de forma directa una mejora de la salud, un aumento de la productividad en el trabajo y del rendimiento escolar.

El precio de los materiales de construcción de una vivienda puede suponer el 50% del coste de la misma, este porcentaje se incrementa hasta un 80% para viviendas del sector informal (Habitat, 1985). En los países en vías de desarrollo, el coste del cemento Portland es elevado debido fundamentalmente al precio de la energía y a los elevados costes del transporte (Berhane, 1987).

Los materiales puzolánicos, finamente molidos, mezclados con el cemento Portland, con cal o bien con mezclas de ambos conglomerantes, permiten elaborar morteros y hormigones de buenas propiedades, que pueden llegar a superar a los de aquellos que no contienen puzolanas. De esta forma, la sustitución parcial del cemento Portland por puzolana, incluso mezclas de puzolanas con cal, sin necesidad de cemento portland, abarataría de forma considerable el coste final, además de ser más amigable medioambientalmente, ya que la producción de cemento portland es una actividad contaminante por la gran producción de dióxido de carbono.

Las puzolanas vienen siendo utilizadas desde la antigüedad hasta nuestros días, poniendo de manifiesto la bondad de sus propiedades. Se clasifican en función de su origen en dos grupos: naturales y artificiales. Al primer grupo pertenecen las puzolanas volcánicas (Day *et al.*, 1989), tuffs (Yilmaz *et al.*, 2007), tierra de diatomeas (Yilmaz, 2008) y ceniza de cáscara de arroz (Payá *et al.*, 1999, 2007). Entre las puzolanas artificiales cabe destacar, la ceniza volante (Paya *et al.*, 1997), el humo de sílice (Fidjestol y Lewis, 1988), la ceniza de lodo de depuradora (Monzó *et al.*, 1996) y el catalizador gastado de craqueo catalítico (Paya *et al.*, 1999b).

En la década de los 80, desde el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, 2015), se impulsaron proyectos de desarrollo cuyo objetivo era el uso de puzolanas en la elaboración de materiales de construcción no convencionales para su utilización en viviendas para los sectores con menores ingresos. Así se realizaron proyectos en las siguientes temáticas: usos de escorias de alto horno en prefabricados (Argentina, 1985),



desarrollo de cementos cal-puzolana (Bolivia, 1987), mejora de la habitabilidad y durabilidad de viviendas (Ghana, 1988), utilización de puzolanas en viviendas sociales con participación comunitaria (Uganda, 1988) y reducción de los costes con puzolanas (Guatemala, 1985). En este último participó como responsable guatemalteco el profesor Javier Quiñonez, que también participa en el presente proyecto.

Más recientemente algunas instituciones como la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo (AECID), la Generalitat Valenciana, el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Humano (CYTED), la Universitat Politècnica de València (UPV), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala; han apoyado proyectos de estas características, como los que se citan a continuación, y en los que investigadores del Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón de la UPV, que suscriben el presente proyecto, han formado parte de los equipos de investigación de los mismos:

- Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo coste.
- Utilización de la ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de materiales de construcción no convencionales para la construcción de viviendas de bajo coste económico y ecológico: asesoramiento y capacitación a microempresarios.
- Acción de Coordinación Residuos Agroindustriales: Fuente Sostenible de Materiales de Construcción.
- Diseño de sistemas de combustión a partir de residuos agrícolas para el uso en países en vías de desarrollo, optimizando la producción energética y las propiedades puzolánicas de la ceniza obtenida en la combustión para su uso en materiales de construcción no convencionales.
- Optimización del carácter puzolánico de las cenizas obtenidas en la combustión de residuos agrícolas para su uso en materiales de construcción no convencionales.
- Utilización de la ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de materiales de construcción no convencionales para viviendas de interés social en el Valle del Cauca (Colombia).
- Disminución de la reinfestación intra-domiciliar de *Triatoma Dimidiata* en Guatemala, por medio de control integrado basado en el manejo ambiental con participación comunitaria (Fase II).
- Comportamiento de revestimientos utilizados en paredes de construcciones con tierra y su aplicación a una vivienda rural.
- Evaluación experimental de matrices fibro-reforzadas con desechos del fruto del coco (*Cocos Nocifera* L.) y de paneles para construcción de vivienda económica (PANCOCO).
- Determinación y evaluación experimental del índice de actividad puzolánica de diez bancos de materiales de la franja volcánica de Guatemala.

Aproximadamente el 25% de la superficie de Guatemala constituye una zona volcánica rica en materiales puzolánicos, la mayoría de los cuales son de libre disposición para los sectores con menores recursos. Como hemos indicado en el apartado anterior, las puzolanas mezcladas con cemento portland, con cal o con ambos, pueden mejorar las propiedades mecánicas y durabilidad de los morteros y hormigones que los contengan.



Para cumplir esta misión es necesario realizar una caracterización físico-química, que pongan de manifiesto la bondad de las puzolanas, de los diferentes yacimientos, así como las posibilidades de uso en distintas dosificaciones en materiales prefabricados (bloques, tejas, etc.). Estos materiales prefabricados, con unos cursos básicos de capacitación, podrían ser fácilmente preparados en régimen de cooperativas o microempresas, por la población de menores recursos para la construcción y rehabilitación de sus propias viviendas, a la vez que permitiría el aprendizaje de un oficio que incrementaría los ingresos familiares.

El objetivo general del proyecto es la caracterización físico-química de las puzolanas de distintos yacimientos y el estudio de las posibilidades de uso en materiales prefabricados no convencionales, para comprobar la calidad de las mismas, y así valorar la posibilidad de una explotación económicamente viable. La caracterización físico-química de las puzolanas requiere de técnicas analíticas sofisticadas como la difracción de rayos X, la termogravimetría, la microscopía electrónica... a las que es difícil tener acceso en Guatemala, y sin embargo pueden ser utilizadas fácilmente en la UPV. El estudio de las posibilidades de uso en materiales prefabricados no convencionales de bajo coste económico y medioambiental, se realizó en la Universidad San Carlos de Guatemala, elaborando distintos materiales prefabricados con diferentes dosificaciones y tipos de puzolanas volcánicas. Es importante resaltar el hecho que el profesor Javier Quiñonez está realizando sus estudios doctorales en la temática objeto del proyecto, lo que garantiza su implicación y gran conocimiento del tema. Finalmente se ha realizado un curso-taller en la Universidad San Carlos de Guatemala en el que han participado estudiantes y profesores así como a potenciales microempresarios del sector de la construcción interesados en el uso de las puzolanas volcánicas.

Los objetivos específicos alcanzados en el proyecto se pueden concretar en:

1. Identificación de los yacimientos idóneos de materiales puzolánicos.
2. Muestreo de los yacimientos.
3. Caracterización físico-química de las puzolanas en los Laboratorios del Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón de la UPV.
4. Elaboración y ensayo de materiales de prefabricados no convencionales de bajo coste económico y medioambiental a partir de mezclas de cemento portland y/o cal con puzolanas volcánicas.
5. Transferir la tecnología y los conocimientos desarrollados mediante un curso-taller en la Universidad San Carlos.

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio fueron adoptados por los estados miembros de la ONU en el año 2000. Estos objetivos contemplan la dimensión esencial de la pobreza y sus efectos sobre la vida de las personas, y constituyen, por sí mismos, un compromiso de los líderes del mundo con la población de menos recursos, encarando los más apremiantes problemas relacionadas con la pobreza, tales como la salud, la igualdad entre los sexos, la educación y la sostenibilidad ambiental.

Para facilitar el seguimiento de los logros alcanzados, Naciones Unidas (NNUU) ha establecido 18 metas y más de 40 indicadores. El sistema de NNUU ha asignado a UN-HABITAT la responsabilidad de prestar asistencia a los estados miembros, en el seguimiento y consecución gradual de la Meta 11 *"para el año 2020 haber mejorado*



sustancialmente la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de asentamientos precarios” que corresponden al Objetivo 7 “Garantizar la sostenibilidad del medioambiente”.

La Meta 11 del Objetivo 7 es la respuesta a uno de los desafíos más acuciantes del Milenio. Ocupándose de la gente que vive en las peores condiciones físicas en las ciudades del mundo, la Meta 11 es un reconocimiento directo de que los asentamientos precarios son un problema de desarrollo que debe ser encarado. Los asentamientos precarios no pueden ser considerados sencillamente como una consecuencia desafortunada de la pobreza urbana, sino que deben ser tratados como un problema de primer orden, siendo una parte esencial la calidad de los materiales y tecnologías constructivas empleados.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los objetivos del proyecto inicialmente previstos se han cumplido en su totalidad. Las actividades se han coordinado de forma efectiva con los miembros del grupo Ecomateriales de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). En términos generales el objetivo centrado en la caracterización físico-química de las puzolanas de distintos yacimientos y el estudio de las posibilidades de uso en materiales prefabricados no convencionales, para comprobar la calidad de las mismas, y así valorar la posibilidad de una explotación económicamente viable, se ha desarrollado completamente. De forma específica podemos destacar las siguientes tareas:

Tarea 1. Estudio, visita y muestreo de los yacimientos de puzolana de mayor interés.

Subtarea 1.1. Se ha buscado información sobre la geología guatemalteca y los yacimientos de puzolanas. Se ha realizado estudios geológicos para determinar la ubicación y distribución del material puzolánico existente en Guatemala. Los estudios muestran la situación geográfica, la estratigráfica y la distribución, así como la datación de algunas muestras. Los estudios pueden dividirse en dos partes: (a) zona norte, centro y oriente del país y (b) zona del altiplano occidental. En ambos casos los estudios han abarcado el cinturón volcánico y parte de la cordillera central de Guatemala. Los espesores observados oscilan entre 4 y 30 metros, teniendo una media de 15 metros y una desviación de 3 metros. El volumen de material potencialmente explotable, mínimo es de 24 millones de m³. La datación isotópica de estos depósitos se ha hecho con base en los registros de carbón y ramas interbandeadas en las cenizas estudiadas, las dos muestras analizadas dieron una antigüedad entre 31.000 y 35.000 años con una desviación de 3.000 años. Se preseleccionaron un total de 8 zonas de muestreo tras identificar más de 20 yacimientos a lo largo de diferentes departamentos de Guatemala. En la figura 1 se muestran algunos de los yacimientos visitados.

Figura 1.- Yacimientos de puzolanas.



Subtarea 1.2. Selección de los yacimientos. En base a la información obtenida en el apartado anterior se valoró el interés de los yacimientos en función de la cantidad explotable, facilidad de acceso, posibilidades de uso por la población de menores recursos y propiedades esperables del material. Finalmente se tomaron muestras de ceniza volcánica en grandes cantidades de dos yacimientos definitivamente seleccionados: municipio de El Rancho en el departamento de Chimaltenango (muestra R, N 14° 54' 46,4" W 90° 01' 12,6") y municipio de Tecpán en el departamento de El Progreso (muestra T, N 14° 45' 23,7" W 90° 58' 32,8").

Subtarea 1.3. Visita a los yacimientos y muestreo. En base a la información obtenida se visitaron los yacimientos realizando un reconocimiento de la zona dónde se encuentran ubicados estos, tomando las anotaciones y fotografías oportunas que reflejen las características de éstos.

Tarea 2. Examen y acondicionamiento de las muestras.

Las muestras se llevaron a la Universidad San Carlos de Guatemala dónde fueron examinadas, se sometieron a un proceso de secado y molienda hasta obtener una granulometría adecuada para su uso en los ensayos posteriores. Se verificó el grado de molienda tamizando por el tamiz 325. Se envió una pequeña parte (aproximadamente unos 2 kg.) de cada muestra a la UPV para su caracterización. En la figura 2 se muestra el proceso de secado y molienda de las puzolanas.

Figura 2.- Procedimiento de secado y molienda de las muestras de puzolana.





Tarea 3. Evaluación del índice de puzolanicidad de las muestras.

La normativa seleccionada de aplicación en Guatemala es la ASTM C-593-06 (2011) *Standard Specification for Fly Ash and Other Pozzolans for Use With Lime*, y la ASTM C 618-08 *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.

Tarea 4. Elaboración de elementos prefabricados no convencionales de bajo coste económico y medioambiental que incorporen puzolana volcánica.

En la Universidad San Carlos se han elaborado diversos materiales no convencionales de bajo coste basados en uso de estas puzolanas naturales: bloques de tierra compactada (BTC), morteros de cal para placas internas en fibrocemento. En la figura 3 se muestran los BTC y placas realizadas.

Figura 3.- Bloques de tierra compactada y placas.



Tarea 5. Caracterización físico-química de las muestras.

En cuanto a la caracterización de las puzolanas, debemos indicar que este apartado fue el eje central del proyecto, ya que ha permitido obtener información básica y aplicada sobre la reactividad de las cenizas volcánicas. Los resultados muestran que no existe una diferencia significativa entre ambas muestras (T y R), lo que lleva a pensar en la homogeneidad de los materiales en estado natural. La reactividad desde el punto de vista puzolánico es media-baja (ligeramente menor que las cenizas volantes de central termoeléctrica de carbón). Los ensayos más relevantes para evaluar las características de las cenizas volcánicas son: composición química (porcentajes del 70-72% en SiO_2 y 12-14% en Al_2O_3), alto residuo insoluble (40%, lo que implica una reactividad limitada), cierto carácter amorfo, que se pone de manifiesto en la Difracción de Rayos X (DRX) (ver figura 4), lo que supone una potencial solubilidad en mezclas alcalinas), color blanco con tintes rojizos y amarillentos (que permite elaborar conglomerantes blancos con cal o con cemento blanco, de interés desde el punto de vista estético). En cuanto a la reactividad, se han evaluado las suspensiones cal-puzolana por medio de medidas de conductividad eléctrica (ver figura 5), cal fijada en pastas de cal (ver figura 6) y de cemento y resistencias mecánicas (ver figura 7).

Figura 4.- Espectros de DRX.

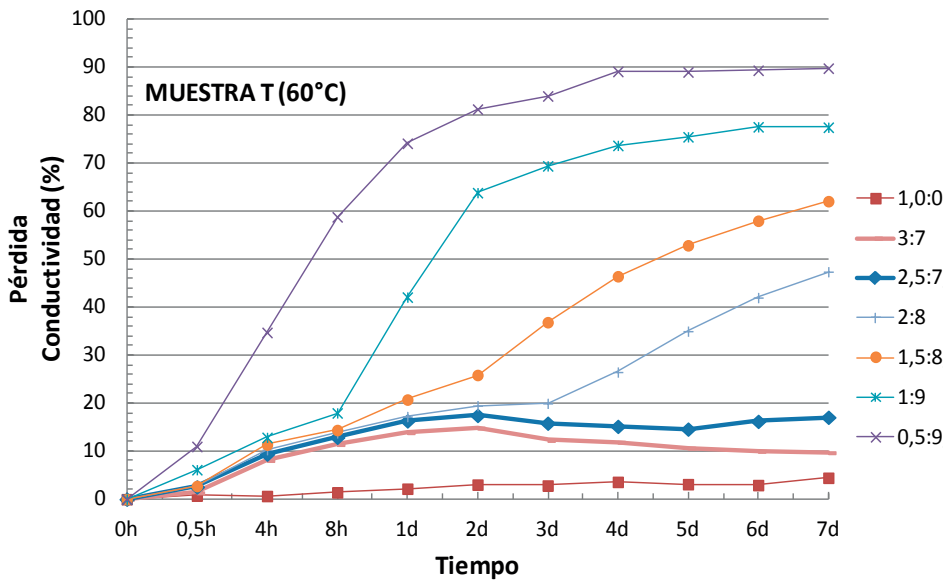
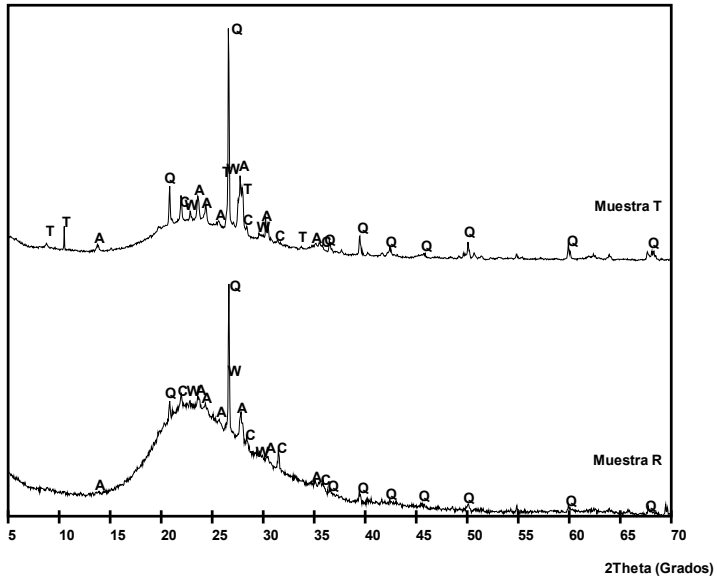




Figura 5. Evaluación de la reactividad por medidas de conductividad eléctrica en suspensiones cal-puzolana a 60°C.

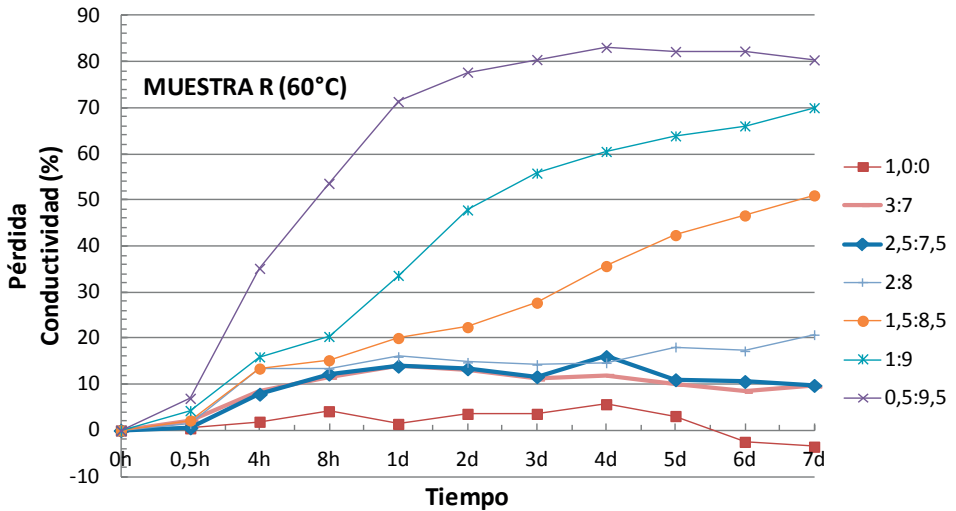


Figura 6. Porcentaje de cal fijada frente al tiempo de curado.

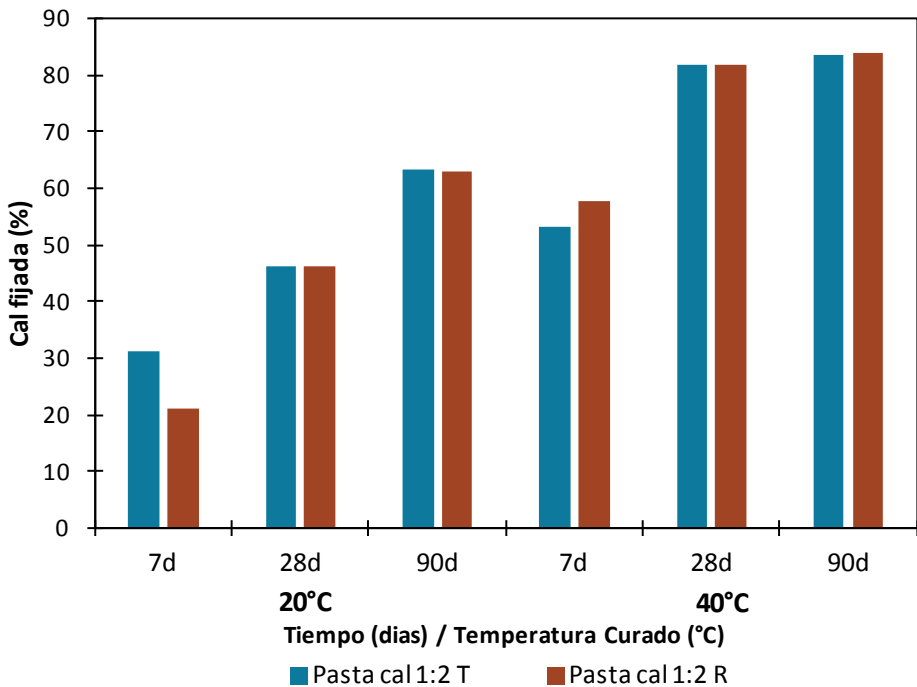
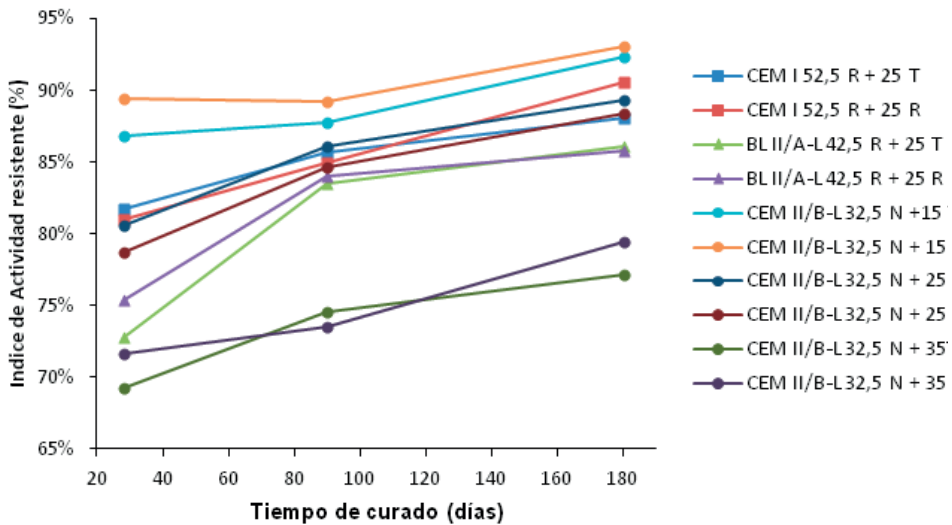


Figura 7.- Índice de actividad resistente frente al tiempo de curado.



Tarea 6. Realización de un curso taller de transferencia de conocimiento generado en el proyecto en la Universidad San Carlos.

Los resultados del proyecto han puesto de manifiesto las posibilidades de uso de las puzolanas para la elaboración de materiales prefabricados no convencionales de bajo coste económico y medioambiental. Estos resultados han sido transferidos a los potenciales beneficiarios mediante un taller con una parte teórica (ver figura 8) y una parte práctica (ver figura 9). En la parte teórica los profesores Jordi Payá Bernabeu y José María Monzó Balbuena impartieron cuatro conferencias. Adicionalmente, se impartieron otras dos conferencias en Quetzaltenango, dentro de un acto organizado por el Colegio de Ingenieros de Guatemala, se visitó una empresa constructora y se pudieron estudiar *in situ* algunos de los yacimientos más cercanos (ver figura 10).

Figura 8.- Algunos de los participantes en la parte teórica del taller.





Figura 9.- Imágenes de la parte práctica de taller.

Molienda de la puzolana
(carga y descarga)



Elaboración de ferrocemento



Núcleos de caña para bloques



Foto de grupo



Figura 10.- Visita a los yacimientos próximos.





VALORACIÓN EN LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO

La experiencia de investigar en proyectos vinculados directamente al desarrollo de la población con menores recursos, y más todavía en un sector estratégico como el de los materiales de construcción de bajo coste económico y medioambiental, supone un gran valor añadido a la investigación realizada. Si bien la labor del investigador siempre es gratificante porque devuelve a la sociedad en forma de resultados, la confianza que ésta depositó en el investigador, en estos casos dónde los beneficiarios de la investigación son los olvidados de la sociedad, le hace sentir al investigador muy a gusto consigo mismo. En nuestro caso tenemos la fortuna de impartir la docencia en la asignatura Construcciones de bajo coste para países en vías de desarrollo perteneciente al Máster de Ingeniería del Hormigón y también el Seminario Intervenciones Tecnológicas y Desarrollo Humano perteneciente al Máster en Cooperación al Desarrollo, ambos de la UPV. Por ello, nos ha resultado igualmente gratificante, a nivel docente, trasladar los resultados de la investigación al estudiante. La experiencia de varios años participando en la asignatura y el seminario anteriormente mencionados, nos ha permitido constatar cómo los estudiantes se implican más que en las asignaturas convencionales, suponiendo no sólo un aprendizaje técnico de calidad, sino lo que es más importante, un aprendizaje ético capaz de establecer una nueva escala de valores y un compromiso decidido por los más desfavorecidos.

Producción científica del proyecto

Se ha desarrollado una tesis de máster dentro del Máster en Ingeniería del Hormigón del Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil (alumno: Óscar Mauricio Sierra Acuña), que fue defendida en febrero de 2015.

Se ha enviado una comunicación al congreso de materiales no convencionales NOCMAT2015, que se desarrollará en Manitoba (Canadá) en agosto de 2015.

Está previsto redactar al menos un artículo científico para enviar a una revista de alto impacto (probablemente *Materials & Design*, o *Construction and Building Materials*).

Se ha llevado a cabo un taller teórico práctico en la Universidad de San Carlos (USAC) de dos días de duración y unas conferencias en Quetzaltenango, dentro de un acto organizado por el Colegio de Ingenieros de Guatemala.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Cooperación al Desarrollo de la Universitat Politècnica de València, por la financiación del proyecto (Programa ADSIDEO-Cooperación 2012).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez, E. (2008). *Análisis de la situación actual de la habitabilidad precaria en el mundo y alcance de los objetivos de desarrollo del milenio*, Informe Fundación CEAR.

Berhane, Z. (1987). Local building materials and low cost housing. Proc. of *IAHS World Congress on Housing Innovations in Sciences and Technology for the Future*, Berlin: Oktay Ural ed., pp. 58-62.

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (2015). <http://www.idrc.ca>



- Day, R.L., Huizer, A., Quiñonez, J. (1989). Mortar and grout for masonry units produced from natural pozzolans, *Housing Science*, 13(4): 283-289.
- Fidjestol, P., Lewis, R. (1998). Microsilica as an addition. In Hewlett Pced. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete* 4th ed., pp. 675-708.
- Habitat (1985). *The use of selected indigenous building materials with potencial for wide application in developing countries*, United Nations Centre for Human Settlements, Nairobi.
- Informe del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2001).
- Lorenzo, P. (2005). *Un techo para vivir. Tecnologías para viviendas de producción social en América Latina*. Ediciones UPC.
- Monzó, J., Payá, J., Borrachero, M.V., Córcoles, A. (1996). Use of sewage sludge ash (SSA)-cement admixtures in mortars. *Cement and Concrete Research*, 26: 1389-1398. [http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846\(96\)00119-6](http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846(96)00119-6)
- Payá, J., Monzó, J., Borrachero, M.V., Peris-Mora, E., González-López, E. (1997). Mechanical treatment of fly ashes III: Studies on strength development of ground fly ashes (GFA)-Cement mortars. *Cement and Concrete Research*, 27: 1365-1377. [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(97\)00129-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00129-4)
- Payá, J., Borrachero, M.V., Monzó, J., Ordoñez, L.M., Bonilla, M., Mellado, A. (1999). Cenizas de cáscara de arroz (CCA) obtenidas en condiciones de combustión no-controladas. Posibilidades de uso en hormigones. *Actas del III Congreso Nacional de Materiales Compuestos MATCOMP99*, pp 501-508.
- Payá, J., Monzó, J., Borrachero, M. (1999b). Fluid catalytic cracking catalyst residue (FC3R), an excellent mineral by-product for improving early strength development of cement mixtures. *Cement and Concrete Research*, 29, pp 1773-1779. [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(99\)00164-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(99)00164-7)
- Payá, J., Monzó, J., Borrachero, M.V., Ordoñez, L.M. (2007). A proposal regarding the denomination and use of rice husk ash for its standardization in blended cement. In *Proceedings in NOCMAT 2007 International Conference on Non Conventional Materials and Technologies*. Ecologic Materials and Technologies for Sustainable Building.
- Pérez-Foguet, A., Cladera, A., Etxeberria, M. Shiess, I. (2007). *Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo*, Universidad Oberta de Catalunya.
- Stulz, R., Mukerji, K. (1993). *Materiales de construcción apropiados*, SKAT & IT Publications.
- Yilmaz, B., Uçar, A., Öteyaka, B., Uz, V. (2007). Properties of zeolitic tuff (clinoptilolite) blended Portland cement. *Building and Environment*, 42(11): 3808-3815. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.006>
- Yilmaz, B. (2008). A study on the effects of diatomite blend in natural pozzolan-blended cement. *Advances in Cement Research*, pp 13-21. <http://dx.doi.org/10.1680/adcr.2008.20.1.13>



ADSIDEO-COOPERACIÓN

EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO HUMANO

ADSIDEO-Cooperación. Experiencias de investigación para el Desarrollo Humano, es un espacio que pretende recopilar, difundir y poner en valor la investigación en desarrollo humano y cooperación que se realiza en la Universitat Politècnica de València dentro del programa ADSIDEO-Cooperación, gestionado por el Centro de Cooperación al Desarrollo.

A través de la experiencia adquirida a lo largo de los años de duración del programa, se reflexiona además sobre el papel de la Universidad a la hora de impulsar este tipo de investigación.

La Universitat Politècnica de València espera que este trabajo contribuya a visibilizar y fortalecer el compromiso de nuestra comunidad científica en torno al crecimiento social sostenible, la lucha contra la pobreza y la desigualdad.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ÀREA DE COOPERACIÓ AL
DESENVOLUPAMENT



GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA DE BENESTAR SOCIAL