

**LA EXPERIENCIA INTERUNIVERSITARIA CORDOBA (España)-KENITRA (Marruecos).
EVALUACIÓN DEL PROYECTO: "FORTALECIMIENTO DEL "LABORATOIRE DE
BIOTECHNOLOGIE, ENVIRONNEMENT ET QUALITÉ", EN MATERIA DE TRATAMIENTO DE
RESIDUOS ORGÁNICOS" 15.P2.**

A.F. Chica, A. Martín, M.A. Martín, M. Dios, J.A. Siles, S. Belhadj, F. Karouach y H. El Bari

1. Resumen.

El grupo de investigación de Ingeniería Química de la UCO está desarrollando una interesante experiencia de cooperación al desarrollo con el país vecino, Marruecos, en un campo que domina bien: la valorización de residuos orgánicos y su transformación parcial en energía y enmiendas orgánicas.

La acción se dirigió al colectivo universitario e industrial de la región de Kenitra. El objetivo específico es el fortalecimiento de las potencialidades del LABEQ, Laboratorio de Biotecnología, Medio Ambiente y Calidad, de la Universidad Ibn Tofail, de Kenitra (Marruecos), en materia de tratamiento de residuos municipales, agroalimentarios y lodos de depuradoras a través de la adquisición de conocimientos y medios para promover su gestión integral, incluyendo la biometanización y/o el compostaje. Marruecos presenta un gran potencial para el desarrollo de estas tecnologías, que pueden ayudar a su población a un mejor reciclado de sus residuos, una mejor salubridad en vertederos y una menor dependencia energética del exterior, contribuyendo a configurar así su propio modelo energético basado en recursos propios. En esta Acción, se ha formado a investigadores de Kenitra con estancias en la UCO, ayudado en la adquisición de material y co-organizado un encuentro internacional, con formato de curso posdoctoral, en Kenitra, mejorando así las posibilidades y la visibilidad del LABEQ ante autoridades y empresas de Marruecos y ante la comunidad científica internacional. Acción financiada por la AECID en 2008-09-10.

2. Antecedentes.

En los países en vías de desarrollo tradicionalmente no ha existido excesiva preocupación por la conservación del medio ambiente. Sin embargo, en su desarrollo, estos países gradualmente promulgan leyes y promueven reformas para mantener su entorno, de igual forma que lo hizo Europa no hace más de 30 años. Esto se debe a que por un lado existe una mayor conciencia social entre sus individuos y por otra, que al ser destinatarios de financiación bilateral o multilateral internacional, están condicionados a la restauración y conservación ambiental de su territorio.

La situación actual de los residuos y su gestión se enfrenta en Marruecos a serios problemas. No ha habido interés por la gestión de los residuos hasta una época reciente, lo que ha complicado bastante su gestión debido a las siguientes razones:

- La población aumenta constantemente y la sociedad tiene unos hábitos de consumo y una estructura industrial cada vez más compleja. Por ello, la cantidad de desechos que se produce no deja de crecer. Se ha doblado en los últimos 50 años, aumentando un 35% en la última década hasta alcanzar los 7,5 millones de toneladas de desechos generados al año actualmente, con una población de 32 millones de habitantes. Esto supone una tasa de generación de residuos de 0,64 Kg/hab·año que representa la mitad de la tasa de generación española o un tercio de la de muchos países europeos.
- El incremento de la tasa de urbanización ha hecho que muchas municipalidades se vean sobrepasadas a la hora de gestionar sus desperdicios urbanos.
- La tasa de recogida de residuos resulta insuficiente y los mecanismos de recolección presentan riesgos sanitarios para la población. La falta de control de las descargas, con más de 300 vertederos ilegales repartidos por todo el país, provoca graves problemas para la salud pública y el Medio Ambiente. El coste de la degradación del entorno natural supone entre un 2,55% y un 4,65% del PIB del país.

Esta situación marca como prioridad absoluta el conseguir una recogida completa, sin riesgos sanitarios, con una descarga en vertederos controlados que eviten contaminar el entorno. Una vez se consiga esta prioridad, se podrá diseñar un sistema de separación y recogida selectiva de residuos, que permita reducir el volumen destinado a vertederos, reciclar materias como vidrio, metales, papel y plásticos, y valorizar energéticamente la parte combustible en incineradoras.

Este proceso de reducción, reciclado y revalorización está muy avanzado en Europa y se convierte un objetivo para el resto de los países del arco Mediterráneo. España, partiendo de una situación muy rudimentaria hace 30 años, disfruta hoy de tasas de reciclado de vidrio, papel y plásticos, en la media alta de la UE, con separación de basuras y recogida selectiva a nivel municipal en la mayor parte del territorio. Este ejemplo hace que Marruecos mire hacia España y la consecución de este objetivo y sean muchas las empresas que desarrollan allí su trabajo, además tendrá que resolver satisfactoriamente esta asignatura, no sólo por motivos internos, sino también para retener al turismo europeo, ya que la población está muy concentrada en la franja costera donde se ubica gran parte de su atractivo turístico, y los problemas derivados de la recogida incompleta, la descarga descontrolada y la contaminación posterior, son incompatibles con un entorno atractivo para el turismo.

Así pues, llegamos a una situación en la que, entre los objetivos del Mapa Nacional del Medio Ambiente y del Desarrollo Sostenible elaborado por Marruecos, se encuentra el alcanzar mayor control en el campo de los desechos; finalmente, en la ley 28-00 se fijan una serie de metas a alcanzar en materia de recogida y eliminación de residuos, diferentes planes y programas de inversión y se implantan medidas para sensibilizar a la población sobre esta cuestión. Así, los residuos se convierten en una oportunidad de mercado que dinamiza la economía a la par que consigue unos objetivos de salubridad y de conservación del medio ambiente.

Del volumen total de los residuos sólidos urbanos, la fracción orgánica representa más del 65% de la basura, mucho más que en Europa, donde representa casi la mitad. A la fracción orgánica de origen domiciliario habría que sumar la generada a nivel industrial, los residuos orgánicos generados por una emergente industria agroalimentaria representan más del 55% de la totalidad de los residuos industriales generados en Marruecos, lo que delata la relevancia que tiene el sector primario. A la vista de estos datos, parece conveniente dirigir los esfuerzos hacia el reciclado de la fracción mayoritaria y más contaminante, la orgánica, que representa casi cinco millones de toneladas en los RSU y medio millón de toneladas en la industria agroalimentaria. En este sentido, la valorización energética mediante digestión anaerobia de estos residuos, explotando el metano generado como combustible; así como el compostaje para la obtención de enmienda orgánica o compost, son excelentes alternativas para la prevención de la contaminación ambiental, la adecuada gestión de vertederos y la recuperación de suelos mediterráneos y pre-saharianos en notable proceso de desertización.

Para luchar contra la desertificación, el reino de Marruecos aprobó en 2001 un Programa de Acción Nacional. Dicho programa vincula este objetivo con la lucha contra la pobreza y el desarrollo rural.

Dicho programa supone la declaración de que son necesarias soluciones transversales para abordar los problemas que actualmente se tratan desde diferentes parcelas o competencias, y el reconocimiento de que es necesaria la descentralización para acercarse a las necesidades de la población rural. Sin embargo faltaría aún el personal con la calificación correspondiente y la participación de los afectados para alcanzar un desarrollo sostenible.

La generación de un modelo energético basado en la diversificación y en los recursos endógenos es el principio básico para la lucha contra la desertificación y la reducción de la pobreza a nivel mundial; esta condición cobra mas importancia en los países que mas van a sufrir el cambio climático por encontrarse en zonas de transición de climas, climas áridos y ambientes pre-desérticos.

El grupo de investigación de Ingeniería Química de la UCO vio una oportunidad en el desarrollo de la cooperación con el país vecino en un campo en el que era experto, considerando el gran potencial que muestra el país destino de esta Acción para el desarrollo de una tecnología que puede ayudar a su población a un mejor reciclado de sus basuras, una mejor salubridad en el entorno de vertederos y una menor dependencia energética del exterior, contribuyendo a configurar así su propio modelo energético a base de recursos propios. Esta idea obtuvo el beneplácito de la AECID y su financiación a través de dos

proyectos PCI, el primero titulado "Potencialidades de la biometanización aplicada a la valorización de residuos orgánicos en Marruecos" (A/018624/08), y el segundo "Fortalecimiento del *Laboratoire de Biotechnologie, environnement et qualité*, LABEQ, en materia de tratamiento de residuos orgánicos" (D/D/024687/09).

3. Acciones.

Se presenta aquí el desarrollo actual de las acciones desarrolladas durante la cooperación, financiada por la AECID, mantenida entre miembros de los grupos de investigación de ingeniería química de la Universidad de Córdoba (España), de un lado, y del LABEQ, Laboratorio de Biotecnología, Medio Ambiente y Calidad, de la Universidad Ibn Tofail, de Kenitra (Marruecos), de otro. Esta cooperación se ha desarrollado a lo largo de 2009 y 2010, centrándose en el fortalecimiento de las potencialidades del grupo de Kenitra en materia de tratamiento de residuos orgánicos (municipales, agroalimentarios, de lodos de depuradoras) a través de la adquisición de conocimientos y medios para promover su mejor gestión en general y su compostaje y biometanización, en particular. Para ello se ha contado con la experiencia y acreditación, en este campo, del grupo de la UCO, que ha formado a investigadores de Kenitra, ayudado en la adquisición de material y co-organizado un encuentro internacional, con formato de curso posdoctoral, en Kenitra, que mejora las posibilidades y la visibilidad del grupo de Kenitra ante autoridades y empresas de Marruecos y ante la comunidad científica internacional.

3.1. "Potencialidades de la biometanización aplicada a la valorización de residuos orgánicos en Marruecos".

El objetivo global del primer proyecto (A/018624/08) fue evaluar las posibilidades reales de desarrollo de la digestión anaerobia (biometanización), aplicada a la valorización de residuos orgánicos, principalmente los de la industria agroalimentaria en Marruecos. El desarrollo del proyecto consistió en las siguientes tareas:

Tarea 1. En la primera fase del proyecto, se hicieron revisiones bibliográficas que aportaron datos interesantes, se preparó un cuestionario que se distribuyó a empresarios marroquíes para conocer sus datos e intereses, aunque los empresarios marroquíes no respondieron de forma significativa al mismo, se produjeron entrevistas con organizaciones empresariales marroquíes y andaluzas, se acordó un plan de trabajo que maximizara las posibilidades de actuación durante una visita preparada del equipo español a Marruecos en Abril de 2009, con objeto de que lograra impulsar la cooperación con las industrias alimentarias más significativas de la zona.

Tarea 2. Se desplazaron los tres miembros españoles a Rabat, para conocer el centro de investigación marroquí, las empresas preseleccionadas y establecer contactos con autoridades, investigadores y empresarios locales. A pesar de su brevedad la estancia fue fructífera para el futuro desarrollo de las acciones propuestas. Tras la visita del grupo español a Marruecos, se obtuvo la colaboración de dos importantes empresas del sector agroalimentario y otra del papelerero.

Tarea 3. Las muestras estudiadas ofrecieron resultados interesantes al ser estudiadas en nuestros laboratorios y se prepararon sendos informes para las empresas que fueron expuestos por el profesor El Bari a los empresarios.

Tarea 4. Estancias de miembros del equipo marroquí en España. Se han realizado dos estancias de las previstas para conocer las instalaciones y laboratorios del equipo español, así como para visitar otras instalaciones industriales y científicas españolas y colaborar en la discusión de los resultados obtenidos con las muestras enviadas.

3.2. "Fortalecimiento del Laboratoire de Biotechnologie, environnement et qualité, LABEQ, en materia de tratamiento de residuos orgánicos"

La ampliación de las ayudas durante el año 2009 (D/024687/09) permitió aprovechar lo avanzado en el anterior proyecto, mejorando el conocimiento del equipo marroquí de la tecnología de biometanización y del equipo español de la realidad social y científica de Marruecos. De acuerdo con el objetivo global declarado del proyecto, impulsar el fortalecimiento del Laboratorio marroquí, LABEQ, dotándolo de medios y formación específica para abordar in situ la transformación en biogás de residuos orgánicos por digestión anaerobia.

El objetivo global de la presente acción es aprovechar lo avanzado en el anterior en el que, se ha mejorado el conocimiento del equipo marroquí de la tecnología de la biometanización y del equipo español de la realidad social y científica de Marruecos. Se trata ahora de abordar una cooperación más intensa que permita al equipo marroquí desarrollar sus propias investigaciones; así como realizar actuaciones de formación y difusión en Marruecos que permitan divulgar y acercar a empresarios, estudiantes, autoridades y otros investigadores marroquíes, al campo de posibilidades existentes para una mejor gestión de los residuos orgánicos (procedentes de industrias agroalimentarias, de lodos de depuradoras y de residuos sólidos urbanos).

El desarrollo del proyecto consistió en las siguientes tareas:

Tarea 1. Dotación del Laboratoire de Biotechnologie, Environnement et Qualité, LABEQ, de la Universidad Ibn Tofail, de Kenitra (Marruecos) de las infraestructuras, bibliografía, equipos y medios de análisis básicos para el desarrollo de estudios de biometanización de residuos orgánicos. En esta tarea se contará con el asesoramiento al equipo marroquí de los miembros del equipo español.

Tarea 2. Formación en España, a lo largo de 3 meses, de dos postgraduados marroquíes en el manejo de dichos equipos y en la interpretación de sus resultados.

Tarea 3. Difusión de las posibilidades de gestión de los residuos orgánicos en Marruecos, mediante la organización de un seminario internacional sobre gestión de residuos orgánicos, con carácter de curso de postgrado, impartido por profesores de ambos equipos, pero también invitando a otros investigadores de reconocido prestigio, tanto africanos como europeos de la región Mediterránea.

A partir de aquí, y con la renovación, en años sucesivos, se abordará el estudio y selección de las distintas opciones de desarrollo que existen para esta tecnología, adaptadas a las condiciones sociales, económicas y tecnológicas de Marruecos, con el objeto de dotar al laboratorio marroquí de reactores a escala piloto y medios analíticos más completos y específicos. De igual modo se planteará la posibilidad, para los siguientes años, de la repetición y extensión del curso de postgrado alternando su ubicación en las dos orillas del Mediterráneo.

4. Resultados.

4.1. "Potencialidades de la biometanización aplicada a la valorización de residuos orgánicos en Marruecos".

La elaboración de un cuestionario relativo a la generación de residuos orgánicos enviado a un centenar de empresas marroquíes, no tuvo resultados significativos, por falta de acogida favorable entre dichas empresas. La falta de una conciencia ambiental más allá de las restricciones normativas, hace que la población desconfíe de estos cuestionarios. Sin duda, el trabajo relativo a la educación ambiental en el campo de los residuos sólidos urbanos y asimilables es otro importante nicho sobre el que trabajar en la cooperación para futuras acciones.

Se han obtenido datos de producción de residuos y sus características gracias a informes y estudios realizados con otros objetivos, pero que se han analizado y reinterpretado para nuestro Proyecto.

Se ha visitado y mantenido interesantes encuentros con agrupaciones empresariales; empresas significativas en el campo agroalimentario o de la gestión de residuos, marroquíes y españolas; otros investigadores de ambos países. Entre ellas, las asociaciones empresariales de la Industria Agroalimentaria de Marruecos (FENAGRI) y Andalucía (LANDALUZ).

Los alumnos de últimos cursos y postgraduados de la Universidad de Kenitra que colaboran con el profesor Hassan El Bari, han elaborado interesantes informes y presentaciones de gran calidad que expusieron a los profesores españoles durante su estancia en Marruecos.

Los profesores Marroquíes compartieron experiencias en el campo del compostaje y biometanización de residuos orgánicos con el grupo español, así como la actividad e instalaciones de empresas de gestión de residuos como SADECO en Córdoba, EPREMASA en Rute, instalaciones de digestión anaerobia de la cervecera HEINEKEN ESPAÑA, en Jaén y de la alcoholera MONTERO S.A. en Lobres (Granada), así mismo, se mantuvieron encuentros profesores de la Universidad Complutense de Madrid y de la Universidad Internacional de Andalucía, con los que el grupo cordobés mantiene colaboraciones

Por su parte, los profesores españoles establecieron relaciones científicas con el "Institut agronomique et veterinaire" en Rabat y la Université Moulay Ismail de Meknes. Se han estudiado los residuos de dos grandes empresas agroalimentarias en Rabat, CITRUMA y SOTRAMEG, y con lo encontrado se han elaborado dos comunicaciones presentadas en el Congreso Internacional RAMIRAN 2010. Con las Vinazas de SOTRAMEG, "Pretreatment: the key issue in vinasse valorization" (Siles, J.A.; El Bari, H.; Ibn Ahmed, S.; Chica, A.F. Martín, M^aA.) y con los residuos de Naranja de CITRUMA, "Orange peel: organic waste or energetic resource" (Martín, M^aA.; Siles, J.A.; El Bari, H.; Chica, A.F. Martín, A.). También se realizaron contactos en Meknes con SIFAP, papelera de prestigio en la zona.

En definitiva, se han intercambiado conocimientos, experiencias y formación entre ambos equipos. Se sentaron las bases de una cooperación más intensa y fructífera, que ya se ha concretado en la consecución de un PCI-D para el año 2010, renovable por otros 3 años más.

4.2. "Fortalecimiento del Laboratoire de Biotechnologie, environnement et qualité, LABEQ, en materia de tratamiento de residuos orgánicos"

Como se ha expuesto en el desarrollo de las acciones, la metodología en que se conforma el proyecto es mixta: de un lado se procedió al diseño, presupuestos, evaluación y adquisición de los equipamientos, bibliográficos y científicos más adecuados para el fortalecimiento investigador del laboratorio marroquí LABEQ; de otro, se seleccionaron dos estudiantes marroquíes, para la realización de estancias de investigación y doctorado en los laboratorios del grupo de ingeniería química, donde se le formó y adiestró en las técnicas propias de la biometanización. En tercer lugar, a la finalización del proyecto se acordó un programa de conferencias para la organización de un seminario internacional donde durante una semana se debatieron temas científicos con expertos en la materia de Portugal, Turquía, Italia, Alemania y España, permitiendo por último divulgar y acercar a empresarios, estudiantes, autoridades y otros investigadores marroquíes, las posibilidades existentes para una mejor gestión de los residuos orgánicos en su país (procedentes de industrias agroalimentarias, de lodos de depuradoras y de residuos sólidos urbanos). Este encuentro se considera muy ventajoso para los intereses de la comunidad destino de esta acción, ya que permite establecer lazos entre los investigadores y los ejecutores de los resultados, se convierte así en una actividad de transferencia de los resultados de investigación no solo de la Universidad española a la marroquí, sino también de ésta última a su propia sociedad.

Por tanto esta acción cobra interés más allá de los resultados directos del proyecto; como son la adquisición de equipos, la formación de investigadores, etc., sino también los resultados indirectos como son:

- La generación de una conciencia ambiental en los industriales, más allá del cumplimiento de la normativa.
- La visión de nuevas oportunidades de mercado.
- El desarrollo de una política de transferencia de resultados de la investigación en las universidades.
- El interés de la comunidad universitaria en la posibilidad de solicitar proyectos de carácter internacional, como son los proyectos de cooperación en la AECID (Agencia Española de cooperación en España), proyectos técnicos en GTZ-GmbH (Sociedad para la cooperación técnica Alemana) o en el ámbito europeo (programa Marie Curie).

Finalmente se elaboró un informe final y un folleto de difusión de las nuevas posibilidades adquiridas por el LABEQ, para presentarlo a las empresas, entidades y autoridades marroquíes y que ellos mismos lideren el proceso de I+D en su región.

5. Conclusiones.

Se ha desarrollado una cooperación técnica, dirigida a la formación superior y de dirección, con el desarrollo de proyectos de investigación y formación de formadores universitarios en el campo de las ciencias experimentales. El objetivo estratégico ha sido promover la diversificación de iniciativas económicas respetuosas con el medio ambiente para favorecer el desarrollo sostenible, la conservación de los ecosistemas y el aumento de las capacidades humanas de desarrollo. La metodología mixta de dotación de equipos unida a la formación de investigadores y creación de condiciones de difusión de potencialidades, es sin duda la que mejores resultados puede ofrecer a la actividad universitaria como práctica de cooperación al desarrollo, permitiendo a los receptores de la ayuda ser los protagonistas del desarrollo social, científico y económico de su entorno. El desarrollo de los dos proyectos (A/018624/08 y D/024687/09) se han ido plasmando en un espacio web (<http://www.uco.es/pci-uco-kenitra/>) creado al efecto, elaborándose también un informe final y material divulgativo, para la difusión de las nuevas posibilidades adquiridas por el LABEQ, para presentarlo a los agentes implicados en el desarrollo de la región; empresas, entidades y autoridades. La marcha del proyecto, previsiblemente durante tres años más, hace que en este periodo podamos comprobar nuevos resultados en cuanto al desarrollo educativo, científico e industrial de la comunidad destino de esta acción, la cual se pretende genere nuevos resultados a medio y largo y plazo dado el carácter de I+D que tiene el proyecto.

6. Agradecimientos.

Los autores desean agradecer a la AECID su financiación, que ha posibilitado la realización de estas acciones de cooperación universitaria al desarrollo, mediante los proyectos A/018624/08, D/024687/09 y D/030888/10.