



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

**INFORME TÉCNICO Y DE DIFUSIÓN
PROPUESTA COC-2008-0007
“Desinfección de agua en el mundo rural usando fotocátalisis solar
heterogénea”**

**Universidad de Concepción, Campus Chillán
Dr. Diego RIVERA Salazar**



INFORME TÉCNICO

OFICINA DE PARTES - FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	24 JUN 2008
Hora	13:10
N° Ingreso	3132

Fecha de entrega del Informe

19 de junio de 2008

Nombre del coordinador de la ejecución

Dr. Diego Rivera Salazar

Firma del Coordinador de la Ejecución

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA PROPUESTA

Nombre de la propuesta

Desinfección de agua en el mundo rural fotocatalisis solar heterogénea

Código

COC-2008-0007

Entidad responsable

Universidad de Concepción, Campus Chillán

Coordinador(a)

Dr. Diego Rivera Salazar

Fecha de realización (inicio y término)

18 de mayo al 31 de mayo de 2008



2. RESUMEN DE LA PROPUESTA

Resumir en no más de ½ página la justificación, actividades globales, resultados e impactos alcanzados con la propuesta.

Con el objeto de analizar los resultados obtenidos y difundir y captar nuevos conocimientos en la aplicación de fotocátalisis en la agricultura, se contrató un consultor externo de reconocido prestigio en aplicaciones fotocatalíticas. El consultor elegido fue el Dr. Bandala, quién además de ser un especialista en química solar, fue el consultor externo que permitió definir el actual proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155 Desarrollo de un proceso de desinfección de aguas de riego usando fotocatalizadores activados por luz solar e inmovilizados en revestimientos de canales.

Durante la primera semana de la propuesta, el consultor desarrolló actividades de trabajo conjunta con investigadores de los departamentos de Recursos Hídricos y Química Orgánica, ambos de la Universidad de Concepción. Estas actividades se enfocaron en el análisis y evaluación de los resultados y actividades futuras del proyecto FIA en ejecución. El análisis consideró los aspectos de escalamiento, filosofía del diseño a aplicar y definición de experimentos a escala real. Además, se inició la confección de 2 publicaciones científicas a enviar en septiembre del presente año. Durante la segunda semana, el consultor dictó el curso "Métodos avanzados de desinfección de agua", con una asistencia de 19 personas, incluyendo consultores en el área de recursos hídricos, profesionales de servicios públicos y alumnos de pre y post-grado. Además se dictó el seminario "Tratamiento de agua mediante procesos de oxidación" con una participación de aproximadamente 40 personas.

Las actividades de difusión permitieron colocar el tema de procesos de desinfección y la importancia de aplicar estos procesos en el contexto de agricultura limpia y sustentable. El público se mostró receptivo y se iniciaron gestiones para trabajo conjunto con algunos asistentes.



3. ALCANCES Y LOGROS DE LA PROPUESTA

Problema a resolver, justificación y objetivos planteado inicialmente en la propuesta

El proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155 Desarrollo de un proceso de desinfección de aguas de riego usando fotocatalizadores activados por luz solar e inmovilizados en revestimientos de canales ha tenido favorables resultados. El método de desinfección estudiado tiene aplicaciones potenciales no sólo en las aguas de riego conducidas en canales, e.g. desinfección de agua para consumo humano.

Por lo anterior, con el objeto de analizar los resultados obtenidos y difundir y captar nuevos conocimientos en la aplicación de fotocatalisis en la agricultura, se propone la contratación de un consultor externo de reconocido prestigio en aplicaciones fotocatalíticas. El consultor elegido es el Dr. Bandala, quién además de ser un especialista en química solar, fue el consultor externo que permitió definir el actual proyecto.

A partir de esta consultoría se buscó establecer nuevas y potenciales líneas de investigación, especialmente en la aplicación de tecnologías basadas en fotocatalisis para el aseguramiento de calidad bacteriológica del agua en ambientes rurales. La propuesta tuvo una importante componente de difusión a través de entrevistas en medios de comunicación, seminarios y cursos de capacitación.

El objetivo general de la propuesta fue:

Difundir y captar nuevos conocimientos en la aplicación de fotocatalisis heterogénea a problemas de calidad de agua usada en la agricultura, en el marco de la agricultura limpia y de calidad.

Los objetivos específicos asociados a esta propuesta fueron:

- 1.- Difundir las aplicaciones de la fotocatalisis a la agricultura, con énfasis en la desinfección de agua.
2. Analizar los resultados preliminares obtenidos de las pruebas a escala real realizadas en el marco del proyecto "Desarrollo de un proceso de desinfección de aguas de riego usando fotocatalizadores activados por luz solar e inmovilizados en revestimientos de canales".
- 3.- Desarrollar y analizar preliminarmente un sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo costo en ambientes rurales usando fotocatalizadores activados por luz solar.
- 4.- Fortalecer la continuidad de la línea de investigación en uso de fotocatalisis en ambiente rurales, iniciada en el proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155.



Objetivos alcanzados tras la realización de la propuesta

Difundir las aplicaciones de la fotocátalisis a la agricultura, con énfasis en la desinfección de agua

Este objetivo fue logrado a través del curso "Métodos avanzados de desinfección de agua", del seminario "Tratamiento de agua mediante procesos de oxidación" y entrevistas al consultor.

Analizar los resultados preliminares obtenidos de las pruebas a escala real realizadas en el marco del proyecto "Desarrollo de un proceso de desinfección de aguas de riego usando fotocatalizadores activados por luz solar e inmovilizados en revestimientos de canales"

Este objetivo fue logrado mediante las reuniones técnicas, especialmente con el Dr. Felipe De la Hoz, Ingeniero de proyecto del proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155 y el Dr. Héctor Mansilla, asesor del mismo proyecto.

Desarrollar y analizar preliminarmente un sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo costo en ambientes rurales usando fotocatalizadores activados por luz solar

Dado que la propuesta originalmente consideraba la visita del consultor en marzo, se esperaba trabajar en un perfil de proyecto a presentar al concurso de Propuestas de Estudios y Proyectos 2008. Sin embargo, el equipo de trabajo del proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155, y en concordancia con el objetivo 4, presento el perfil "Sistema integrado de tratamiento de aguas residuales agrícolas mediante el uso de humedales artificiales y fotocátalisis solar heterogénea" el cual no fue priorizado por parte de FIA.

Fortalecer la continuidad de la línea de investigación en uso de fotocátalisis en ambiente rurales, iniciada en el proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155

Este objetivo fue cumplido considerando las actividades de esta propuesta como un todo, ya que permitió analizar y definir nuevas líneas de investigación y de cooperación.

Resultados e impactos esperados inicialmente en la propuesta

1. Capacitación de profesionales y alumnos de postgrado de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción en nuevas tecnologías de desinfección de agua usando fotocátalisis. Este resultado se relaciona con la realización de un curso abierto a todo público sobre métodos avanzados de desinfección de aguas dictado por Dr. Bandala y su indicador de resultado es el número de asistentes y la proporción entre profesionales y alumnos.
2. Difusión de nuevas tecnologías de desinfección de aguas. Este resultado se relaciona con la realización de un seminario abierto con la participación del Dr. Bandala, académicos del Departamento de Recursos Hídricos de la Universidad de Concepción y otros especialistas a definir. El indicador de resultado es el número de asistentes al seminario.
3. Diseño conceptual y pruebas preliminares un sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo costo en ambientes rurales usando fotocatalizadores activados por luz solar.



Resultados obtenidos

Descripción detallada de los conocimientos y/o tecnologías adquiridos. Explicar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos, de acuerdo a los resultados obtenidos. Anexar el informe final del consultor.

OBJETIVOS 1 y 2

Dado que estos objetivos están orientados a las actividades de difusión, los resultados fueron los esperados.

Para el curso de "Métodos avanzados de desinfección de agua" se anexan las fichas de los participantes y a continuación se resume su composición.

PARTICIPANTES	NÚMERO
Profesionales y consultores	8
Profesionales sector público	3
Alumnos post-grado	3
Alumnos pregrado	4

Respecto al seminario "Tratamiento de agua mediante procesos de oxidación", se anexa la lista de asistentes. Las presentaciones fueron:

1. Calidad de agua y agricultura. Dr. Ing. José Luis ARUMÍ, Universidad de Concepción, Chile.
2. Desactivación de patógenos en agua mediante procesos de oxidación. Dr. Ing. Erick BANDALA, Universidad de las Américas-Puebla, México.
3. Avances en la desinfección de aguas de riego mediante fotocatalisis solar. Dr. Ing. Felipe DE LA HOZ, Universidad de Concepción, Chile.
4. Tratamiento de antibióticos en aguas residuales. Dr. Héctor MANSILLA, Universidad de Concepción, Chile.

OBJETIVO 3

Los resultados obtenidos son:

1. Definición de experimentos y diseño conceptual de un reactor cilindro parabólico con catalizador inmovilizado. Se mejoró el perfil de proyecto presentado y no priorizado con miras a repostularlo al concurso siguiente, incluyendo los avances en el proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155.
2. Análisis de la cinética de abatimiento de E. Coli en canales revestidos. Se definieron los experimentos confirmatorios y de diseño que se desarrollarán en el contexto del proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155 durante la primavera de 2008.
3. Captación de nuevas tecnologías. Se avanzó en el análisis de la aplicabilidad de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas de riego como cavitación. Además se analizaron las restricciones de escalamiento del procesos fotocatalítico, a saber diseño hidráulico de las estructuras y caudal máximo a tratar.

Resultados adicionales

Describir los resultados obtenidos que no estaban contemplados inicialmente.

No aplica



Aplicabilidad

Explicar la situación actual del sector y/o temática en Chile, compararla con las tendencias y perspectivas presentadas en las actividades de la propuesta y explicar la posible

Las nuevas condiciones impuestas por los mercados internacionales a la exportación de los productos agrícolas, consideran el uso de agua limpia y su preservación en calidad y cantidad. Lo anterior, se articula con los lineamientos del Ministerio de Agricultura, respecto a la necesidad de implementar sistemas integrados y de Buenas Prácticas Agrícolas que aseguren la inocuidad, trazabilidad y calidad de los productos.

Dos de los problemas mas importantes que deben enfrentar los productores son la contaminación microbiológica de las aguas de riego y de procesos agroindustriales, y la poca disponibilidad de tecnologías integradas que permitan tratar las aguas y asegurar su calidad. Por lo anterior, el proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155 busca el desarrollo de una tecnología de desinfección de aguas de riego basada en fotocatalizadores activados por la luz solar e inmovilizados en mortero de hormigón, en revestimientos de canales. Esta tecnología está ampliamente probada en otros sectores productivos y existen experiencias internacionales a escala industrial en el tratamiento de aguas residuales.

La fotocatalisis actúa liberando iones hidroxilos de alta capacidad oxidativa en el medio acuoso, lo que permite degradar materia orgánica y eliminar organismos patógenos, como los coliformes fecales. Este proceso no genera residuos, es ambientalmente amigable y tiene bajos costos de operación y mantención, respecto a otras tecnologías de desinfección de aguas disponibles. La tecnología propuesta no es exclusiva, sino más bien inclusiva e integradora con otras tecnologías y técnicas de desinfección.

Dado que los objetivos de esta propuesta se orientaron principalmente a la difusión y análisis de resultados de un proyecto en desarrollo, no es posible incluir esta información, principalmente porque se ha iniciado el proceso de estudio de patentes (cuya propiedad es compartida con FIA). Los análisis de escalamiento y financieros serán incluidos en el informe final del proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155.

Detección de nuevas oportunidades y aspectos que quedan por abordar

Señalar aquellas iniciativas que surgen como vías para realizar un aporte futuro para el rubro y/o temática en el marco de los objetivos iniciales de la propuesta, como por ejemplo la posibilidad de realizar nuevas actividades. Indicar además, en función de los resultados obtenidos, los aspectos y vacíos tecnológicos que aún quedan por abordar para ampliar el desarrollo del rubro y/o temática.

Del análisis global de los resultados de la propuesta se identifican dos aspectos. El primero dice relación con la demanda de capacitación de profesionales y consultores respecto a la evaluación y diseño de sistemas de desinfección de aguas usadas en riego y en procesos agroindustriales. En base a lo anterior se identifica como necesario realizar estas actividades de capacitación, además de giras tecnológicas que permitan captar estas tecnologías, como las actualmente aplicadas a escala industrial en Almería, España.

El segundo aspecto los vacíos tecnológicos respecto a la aplicación de fotocatalisis en el sector agrícola y agroindustrial dicen relación con la capacitación en la operación y diseño de estos sistemas. Aún cuando estos temas son abordados por el proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155, es necesario dar continuidad a estas líneas de investigación mediante el desarrollo o evaluación de técnicas aplicadas en otros sectores productivos, principalmente en el caso de medianos y pequeños productores y en el uso de sistemas combinados.



4. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA

Programa Actividades Realizadas

Nº	Fecha	Actividad
1	19-26 de mayo 30 mayo	Reuniones de trabajo con investigadores del de los departamentos de Recursos Hídricos y Química Orgánica, ambos de la Universidad de Concepción
2	27-29 mayo	Curso Métodos Avanzados de Desinfección de aguas
3	29 mayo	Seminario "Tratamiento de agua mediante procesos de oxidación"

Detallar las actividades realizadas, señalar las diferencias con la propuesta original.

No se tuvieron diferencias entre las actividades propuestas y las ejecutadas

Contactos Establecidos

Presentar los antecedentes de los contactos establecidos durante el desarrollo de la propuesta (profesionales, investigadores, empresas), de acuerdo al siguiente cuadro.

Institución Empresa Organización	Persona de Contacto	Cargo	Fono/Fax	Dirección	E-mail
No aplica					

Material elaborado y/o recopilado

Entregar un listado del material elaborado, recibido y/o entregado en el marco de la propuesta. Se debe entregar adjunto al informe un set de todo el material escrito y audiovisual, ordenado de acuerdo al cuadro que se presenta a continuación. También se deben adjuntar fotografías correspondientes a la actividad desarrollada. El material se debe adjuntar en forma impresa y en versión digital.

Elaborado

Tipo de material	Nombre o identificación	Preparado por	Cantidad
Presentaciones curso	Presentaciones	Consultor	1
Presentaciones seminario	PresentacionesII	Relatores	4

Recopilado

Tipo de Material	Nº Correlativo (si es necesario)	Caracterización (título)
Artículo	No aplica	Material bibliográfico sobre procesos de tratamiento
Foto	No aplica	
Libro	No aplica	
Diapositiva	No aplica	
CD	No aplica	

Programa de difusión de la actividad

En esta sección se deben describir las actividades de difusión de la actividad, adjuntando el material preparado y/o distribuido para tal efecto.

Se anexan invitaciones a curso y seminario.



5. PARTICIPANTES DE LA PROPUESTA

CONSULTORES: Ficha de(l) Consultor(es)

Nombre	Erick Roberto
Apellido Paterno	Bandala
Apellido Materno	González
RUT Personal o N° de Pasaporte	
Nacionalidad	Mexicana
E-mail	erick.bandala@udlap.mx
Nombre de la organización, empresa o institución donde trabaja	Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela de Ingeniería y Ciencias Universidad de Las Américas-Puebla, MEXICO
Cargo o actividad que desarrolla	Profesor Asociado

6. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE DIFUSIÓN

a) Efectividad de la convocatoria (cuando corresponda)

No aplica

b) Grado de participación de los asistentes (interés, nivel de consultas, dudas)

Los participantes fueron activos en cuanto a preguntas e interés, principalmente por que se tocaron temas atingentes a sus actividades profesionales o académicas. Se desarrollaron sesiones de discusión, presentaciones de análisis de revisiones bibliográficas y ensayos de laboratorio.

c) Nivel de conocimientos adquiridos por los participantes, en función de lo esperado (se debe indicar si la actividad contaba con algún mecanismo para medir este punto y entregar una copia de los instrumentos de evaluación aplicados)

No se aplicó ningún instrumento de evaluación, ya que las actividades fueron de difusión y no de capacitación.

d) Problemas presentados y sugerencias para mejorarlos en el futuro (incumplimiento de horarios, deserción de participantes, incumplimiento del programa, otros)

La deserción de participantes fue baja, principalmente por problemas asociados las actividades profesionales.

7. CONCLUSIONES FINALES DE LA PROPUESTA.

La contratación del Dr. Erick Bandala como consultor fue exitosa tanto en lo técnico como en las actividades de difusión. La calidad del Dr. Bandala como investigador permitió analizar los avances y del proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155, con lo cual quedó establecida la necesidad de continuar estas líneas de investigación mediante el desarrollo o evaluación de técnicas aplicadas en otros sectores productivos, principalmente en el caso de medianos y pequeños productores y en el uso de sistemas combinados.

La participación de los asistentes permite además concluir sobre la relevancia que la calidad de agua de riego tiene en el sector agropecuario, así como la necesidad de avanzar en la difusión, generación de manuales de diseño e información básica para la implementación d esta otras tecnologías en el sector agropecuario.

ANEXOS

ANEXO 1 Informe del consultor

ANEXO 2 Material curso **Métodos avanzados de desinfección de agua**

ANEXO 3 Presentaciones seminario **Tratamiento de agua mediante procesos de oxidación**

ANEXO 4 Invitaciones y lista de correo

ANEXO 5 Fichas de participantes al curso **Métodos avanzados de desinfección de agua**

ANEXO 6 Lista de asistencia al seminario **Tratamiento de agua mediante procesos de oxidación**

ANEXO 7 Entrevista en **PANORAMA**

ANEXO 1 Informe del consultor

Informe de Consultoría

Nombre del Proyecto: Desinfección de agua en el mundo rural usando fotocátalisis solar heterogénea.

Fecha de inicio y término de la consultoría: 16 al 31 de Mayo de 2008.

Objetivo general de la Consultoría: Difundir y captar nuevos conocimientos en la aplicación de fotocátalisis heterogénea a problemas de calidad de agua usada en la agricultura, en el marco de la agricultura limpia y de calidad.

De forma específica los objetivos de la consultoría fueron los siguientes:

1. Difusión de las aplicaciones de la fotocátalisis solar a la agricultura, con énfasis en la desinfección de agua.
2. Análisis de los resultados preliminares obtenidos de las pruebas a escala real realizadas en el marco del proyecto "Desarrollo de un proceso de desinfección de aguas de riego usando fotocatalizadores activados por radiación solar e inmovilizados en revestimientos de canales".
3. Desarrollo y análisis preliminar de un sistema de tratamiento de agua residual de bajo costo en ambiente rural usando fotocatalizadores activados por radiación solar.
4. Fortalecimiento de la continuidad de la línea de investigación en uso de fotocátalisis en ambiente rurales, iniciada en el proyecto FIA PI-C-2005-1-A-155

Resultados esperados de la consultoría:

1. Capacitación de profesionales y alumnos de postgrado de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción en nuevas tecnologías de desinfección de agua usando fotocátalisis. Este resultado se relaciona con la realización de un curso abierto a todo público sobre métodos avanzados de desinfección de aguas dictado por el que suscribe y su indicador de resultado es el número de asistentes y la proporción entre profesionales y alumnos.
2. Difusión de nuevas tecnologías de desinfección de aguas. Este resultado se relaciona con la realización de un seminario abierto con la participación de el que suscribe, académicos del Departamento de Recursos Hídricos de la Universidad de Concepción y otros especialistas a definir. El indicador de resultado es el número de asistentes al seminario.

3. Diseño conceptual y pruebas preliminares un sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo costo en ambientes rurales usando fotocatalizadores activados por luz solar.

Resultados

Se llevó a cabo el curso "Métodos avanzados de desinfección de Agua" el cual consistió de sesiones teóricas orientadas a describir y analizar el estado actual de la tecnología así como los posibles desarrollos a futuro de los métodos avanzados de desinfección de agua. El curso fue enfatizado hacia el empleo de procesos avanzados de oxidación, fotocátalisis solar más específicamente, y la desinfección de agua en el ámbito rural. El curso incluyó sesiones expositivas y experiencia en el laboratorio y contó con la participación de un total de 19 asistentes. Principalmente, el curso fue atendido por estudiantes de pre y posgrado así como miembros de la facultad. Pero también, y muy importante, por profesionales miembros de empresas consultoras en asesoría en ingeniería agrícola, miembros de asociaciones de analistas de la región y funcionarios de la dirección general de aguas de la región.

De forma general, la asistencia de un público tan variado, con una gran participación en las sesiones del curso resulta siempre motivador para el instructor del mismo. Adicionalmente, es claro el enorme esfuerzo de difusión realizado por el grupo de investigadores del Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola para poder aglutinar a personas de diferentes áreas de influencia interesados en el tema y dispuestos a asistir y participar en el curso.

En el marco del Seminario "Descontaminación de agua mediante procesos avanzados de oxidación" el que suscribe ha tenido oportunidad de compartir algunas experiencias con un público igualmente heterogéneo además de la magnífica ocasión para interactuar con reconocidos profesores miembros de diferentes departamentos académicos de la Universidad de Concepción. Dentro de las actividades de este seminario se dio la oportunidad de analizar, de forma colegiada, los avances más significativos de la aplicación de los procesos avanzados de oxidación a la resolución de problemas ambientales complejos así como también estimar el grado de avance en cuanto al desarrollo de la tecnología para la desinfección de agua en canales de riego usando fotocatalizadores activados por luz solar e inmovilizados en revestimientos de los canales.

En el tiempo asignado para la realización del trabajo académico relacionado con esta consultoría, el que suscribe sostuvo reuniones de trabajo con estudiantes de

pre y posgrado miembros del grupo de investigación con el fin de realizar un intercambio de ideas e información sobre el desarrollo de los diferentes proyectos de investigación que se encuentran actualmente en desarrollo. Así mismo, se tuvo la oportunidad de discutir los avances y las ideas generadas para la implementación y el diseño conceptual de un sistema de tratamiento de agua residual de bajo costo para su aplicación en ambientes rurales usando fotocatalizadores activados por luz solar.

Conclusiones.

Considerando lo anteriormente descrito, es opinión del abajo firmante que los objetivos y las metas de la estancia de investigación y consultoría realizada han sido alcanzadas sin duda alguna. La evaluación realizada de las acciones llevadas a cabo por el grupo de investigación anfitrión en cuanto a los proyectos de investigación en proceso es positiva y, sin duda, iniciará a generar resultados académicos de gran relevancia en el muy corto plazo. Con respecto a la difusión del conocimiento generado entre los usuarios potenciales de la tecnología desarrollada, es claro que se tiene un avance importante del que puede dar cuenta la exitosa asistencia al curso y seminario convocado. Por último, tomando en cuenta la información recabada en los diferentes encuentros con académicos y funcionarios de la región, creo que debe ser de gran interés tanto para la Universidad de Concepción como para el pueblo Chileno, considerar la necesidad de **continuar impulsando la línea de investigación planteada**, a través de los proyectos mencionados, por el Departamento de Recursos Hídricos para el desarrollo de nuevos sistemas de tratamiento de agua empleando fuentes de energía alternativa, de bajo costo y alta eficiencia, facilidad de operación y resistencia que puedan ser implementados en zonas rurales para asegurar el abastecimiento de agua de calidad adecuada para las actividades de la zona.

Atentamente,



Dr. Erick R. Bandala
Profesor Asociado
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Universidad de Las Américas-Puebla
Sta. Catarina Mártir, Cholula 72820 Puebla, México.