GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

PROPUESTA DEFINITIVA	"CALIDAD DE AGUA DE RIEGO: MITIGACION Y PREVENCION DE CONTAMINACION DE ORIGEN AGRICOLA"
CODIGO	FIA-CO-V-2004-1-A-006
EJECUTOR TECNICO	UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
SUPERVISOR PROPUESTA	JUAN CARLOS GALAZ
COORDINADOR EJECUCION	DIEGO RIVERA SALAZAR
MODIFICACIONES	

COORDINADOR PROPUESTA

SUPERVISOR
FIA

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

FORMULARIO PRESENTACIÓN DE PROPUESTA
PROGRAMA DE CONSULTORES CALIFICADOS

FOLIO DE BASES	45	CODIGO (Uso Interno)	CO-V-2004-1- A - 006

SECCIÓN 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA PROPUESTA

TITULO DE LA PROPUESTA:
Calidad de agua de riego: Mitigación y prevención de contaminación de origen agrícola

ÁREA O SECTOR: Agrícola

RUBRO: Frutales, hortalizas, flores

TEMA: Agroindustria y Tecnología de los Alimentos, Agroquímicos (Fertilizantes y Pesticidas), Calidad, Comercialización, Manejo Productivo, Riego y Drenaje, Sustentabilidad y Producción limpia

ANTECEDENTES ENTIDAD RESPONSABLE

- **Nombres y Apellidos : Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Departamento de Recursos Hídricos**
- **RUT : 81.494.400-K**
- **Dirección Postal : Vicente Méndez 595**
- **Región : Octava región del Bío-Bío**
- **Ciudad : Chillán**
- **Fono : 42-208804**
- **Fax : 42-275303**
- **E-mail : drh@udec.cl**
- **Web : http://www.chillan.udec.cl/ingenieria/**
- **Cuenta Bancaria (Tipo, N°, Banco): Cuenta corriente 41-105-112 de Corpbanca**

TIPO ENTIDAD RESPONSABLE:

- **Tipo de Entidad :Universidad perteneciente al Consejo de Rectores**

(Señalar si corresponde a una empresa productiva y/o de procesamiento; organización o agrupación de productores pequeños, o medianos a grandes; asociación gremial de productores pequeños, o medianos a grandes; universidad; instituto de investigación, u otra entidad según punto V.1 de las Bases Generales)

- **Institución o Entidad : Pública_____ Privada:___X____**

(Marcar con una cruz en el espacio en blanco corresponde a una pública o privada)

REPRESENTANTE LEGAL DE LA ENTIDAD RESPONSABLE

- **Nombres y Apellidos : Pedro Alejandro Santa María Sanzana**
- **RUT :**
- **Cargo o Actividad que realiza en la Entidad Responsable : Director General Campus Chillán**
- **Dirección Postal : Vicente Méndez 595**
- **Ciudad : Chillán**
- **Región : Octava región del Bío-Bío**
- **País : Chile**
- **Fono y Fax : 42-208705, fax 42-275299**
- **E-mail : asantama@udec.cl**
- **Firma:** _____

COORDINADOR DE LA EJECUCIÓN (Adjuntar curriculum vitae en Anexo 1)

- **Nombres y Apellidos : Diego Rivera Salazar**
- **RUT :**
- **Cargo o Actividad que realiza en la Entidad Responsable : Docente**
- **Dirección Postal : Vicente Méndez 595**
- **Ciudad : Chillán**
- **Región : Octava región del Bío-Bío**
- **País : Chile**
- **Fono y Fax : 42-208804, fax 42-275303**
- **E-mail : dirivera@udec.cl**
- **Firma:** _____

ESPECIALIDAD CONSULTOR:
Tratamiento y Calidad de agua. Química del agua

IDENTIFICACIÓN CONSULTOR (Adjuntar c. vitae en Anexo 2 y compromiso en Anexo 3)

- **Nombres y Apellidos : Erick Roberto Bandala González**
- **RUT :**
- **Institución/Empresa : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua**
- **Dirección Postal : Paseo Cuahunáhuac 8532. Cp. 62550.**
- **Ciudad : Jiutepec, Morelos. México**
- **Región :**
- **Fono : 0-17-77-3293664, 3293600 ext. 357, 404**
- **Fax : 0-17-77-3293664**
- **E-mail : ebandala@tlaloc.imta.mx**
- **Fecha de Nacimiento : 14 de noviembre de 1967**
- **N° Pasaporte : 03280024594**

FECHA DE INICIO	(dd/mm/aaaa)	01/09/2004
FECHA DE TÉRMINO	(dd/mm/aaaa)	14/09/2004

COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA	:$	1.685.630		
FINANCIAMIENTO SOLICITADO A FIA	:$	1.122.630	67	%
APORTE DE CONTRAPARTE	:$	563.000	33	%

TERMINOS DE REFERENCIA PARA EL CONSULTOR

El Dr. Bandala, en adelante el consultor, realizará las siguientes actividades durante su estadía entre el 1 de Septiembre y el 14 de Septiembre de 2004 en las dependencias de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción:

- Desde el 1 al 4 de Septiembre, sostendrá reuniones de trabajo con investigadores del departamento de Recursos Hídricos.
- Desde el 6 al 9 de Septiembre, dictará el curso *Calidad del Agua: Conceptos fundamentales.*
- El 10 de Septiembre expondrá en el seminario *Tecnologías de desinfección de aguas.*
- 11 de Septiembre visitará las instalaciones de la Estación Experimental San Carlos de la Facultad de Ingeniería Agrícola y el Valle de Peumo.
- Los días 13 y 14 de Septiembre sostendrá reuniones de trabajo con investigadores del Departamento de Recursos Hídricos, con el objeto de preparar y formular la investigación básica de un proyecto de desinfección de aguas aplicando fotocatálisis.

Los objetivos de esta consultoría son:
1.- Difundir las aplicaciones de la fotocatálisis a la agricultura.
2.- Capacitar a agricultores, profesionales y técnicos en temas relacionados con la calidad de agua para riego.
3.- Desarrollar y analizar preliminarmente un sistema de desinfección de aguas de riego usando fotocatalizadores activados por luz solar para presentar en el Concurso de Innovación Agraria 2005, que corrija las observaciones presentadas por FIA.

El consultor no recibirá honorarios , pero recibirá diariamente un viático de alimentación. Los gastos de transporte y alojamiento serán de cargo de la institución ejecutora y aportes de FIA.

El producto esperado al finalizar esta consultoría es la corrección y/o reformulación del proyecto DESARROLLO DE UN PROCESO DE DESINFECCIÓN DE AGUAS DE RIEGO UTILIZANDO FOTOCATALIZADORES ACTIVADOS CON LA LUZ SOLAR, para ser presentado al concurso de Proyectos de Innovación Agraria el año 2005.

Los temas a desarrollar en el curso y seminario se detallan a continuación.

CURSO CALIDAD DEL AGUA: CONCEPTOS FUNDAMENTALES

0. Introducción

1. Química Ambiental

- 1.1 El ambiente
- 1.2 El impacto de los humanos en el ambiente
- 1.3 El impacto del ambiente en los humanos
- 1.4 Mejoramiento de la calidad ambiental

2. Calidad del agua: definiciones y características

- 2.1 Parámetros físicos

2.1.1 Sólidos suspendidos
2.1.2 Turbiedad
2.1.3 Color
2.1.4 Temperatura
2.2 Parámetros químicos
2.2.1 Sólidos disueltos totales
2.2.2 Alcalinidad
2.2.3 Dureza
2.2.4 Fluoruros
2.2.5 Metales
2.2.6 Orgánicos
2.2.7 Nutrientes
2.3 Parámetros biológicos
2.3.1 Patógenos
2.3.2 Indicadores patogénicos

3. Muestreo de parámetros de Calidad del Agua
3.1 Determinaciones en campo
3.2 Muestreo simple
3.3 Muestreo compuesto
3.4 Preservación de muestras
3.5 Control de calidad en campo

4. Análisis
4.1 Aseguramiento de la calidad en laboratorio
4.2 Control de calidad en el laboratorio
4.3 Interpretación de resultados
4.4 Ejercicios de ínter calibración

5. Legislación
5.1 Legislación Mexicana
5.2 Legislación Chilena (Desarrollada por los alumnos del curso)

6. Manejo de datos
6.1 Índice de calidad del agua (ICA)
6.2 Parámetros involucrados en el ICA
6.3 Cálculo del ICA

7. Conclusiones

SEMINARIO DESCONTAMINACIÓN DE AGUA A TRAVÉS DE PROCESOS AVANZADOS DE OXIDACIÓN

1. Problemática de la contaminación del agua
2. Datos de contaminación del agua en México
3. Revisión de los procesos de tratamiento de agua
4. Procesos avanzados de oxidación
5. Procesos fotocatalíticos
   5.1 Fotocatálisis homogénea
   5.2 Fotocatálisis heterogénea

6. Aplicación de fotocatálisis a la degradación de plaguicidas
7. Aplicación de fotocatálisis a la degradación de otros contaminantes de importancia ambiental
8. Aplicación de fotocatálisis a la degradación de toxinas naturales
9. Aplicación de fotocatálisis en el control microbiológico del agua
10. Perspectivas
11. Conclusiones

SECCIÓN 2: PROPONENTES DE LA PROPUESTA (En caso de instituciones u otras entidades adjuntar en Anexo 4 breve resumen con sus funciones y características, en caso de personas individuales adjuntar su c. vitae resumido según pauta adjunta en Anexo 4)

Nombre de la Entidad o Persona que participa (en la organización y ejecución de la propuesta)	**RUT**	**Tipo de Entidad o Lugar en donde trabaja** (en caso de persona individual) **(1/)**	**Actividad que realiza la entidad o la persona proponente** (2/)	**Región**
1. Departamento de Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción	81.494.400-K	Campus Chillán, Chillán	Investigación, asistencia técnica y docencia en el manejo, conservación y protección de los recursos hídricos usados en la agricultura	Octava Región del Bío-Bío
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

1/ Señalar en caso de persona individual el nombre del lugar, empresa o institución donde trabaja, y en caso de institución u otra entidad, señalar que tipo de entidad es: empresa productiva y/o de procesamiento; organización o agrupación de productores pequeños, o medianos a grandes; asociación gremial de productores pequeños, o medianos a grandes; universidad no instituto de investigación entre otras)

2/ Señalar en caso de persona individual la actividad que realiza (productor, investigador, docente, empresario, etc.) y en caso de institución, organización u otra entidad, señalar la actividad a la cual está orientada principalmente (producción, asesoría, comercialización, investigación, etc.)

SECCIÓN 3: DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

3.1. Objetivos Generales (técnicos y económicos)

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

Desarrollar a nivel preliminar un proyecto de sistemas de desinfección de aguas de riego de bajo costo, que permita cumplir con los requisitos de calidad impuestos por los mercados internos y externos, aumentando la competitividad y rentabilidad de los productores.

3.2. Objetivos Específicos (técnicos y económicos)

1.- Difundir las aplicaciones de la fotocatálisis a la agricultura.
2.- Capacitar a agricultores, profesionales y técnicos en temas relacionados con la calidad de agua para riego.
3.- Desarrollar y analizar preliminarmente un sistema de desinfección de aguas de riego usando fotocatalizadores activados por luz solar para presentar en el Concurso de Innovación Agraria 2005, que corrija las observaciones presentadas por FIA.

3.3. Justificación de la necesidad y oportunidad de contar con el apoyo de un consultor

La fotocatálisis heterogénea es una técnica probada de desinfección de aguas, con un desarrollo acelerado durante la última década en su aplicación a problemas medioambientales, como degradación de contaminantes orgánicos, o mejora de la calidad de agua de efluentes, incluso a nivel industrial. Sin embargo, esta tecnología no ha sido aplicada a problemas de calidad de agua de riego. La aplicación de esta tecnología supone el desarrollo de un método de desinfección de aguas para riego ambientalmente amigable, inocua, innovadora y de bajo costo.

Dado lo anterior, el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, presentó en mayo del año 2003 al concurso del Fondo de Innovación Agraria el proyecto DESARROLLO DE UN PROCESO DE DESINFECCIÓN DE AGUAS DE RIEGO UTILIZANDO FOTOCATALIZADORES ACTIVADOS CON LA LUZ SOLAR, cuyo objetivo era desarrollar una tecnología de desinfección de aguas de riego, para sistemas de producción limpia, basada en el uso de revestimientos de canales que contengan fotocatalizadores activados con la luz solar. Este proyecto no fue aprobado debido a algunas consideraciones técnicas como:

- La falta de desarrollo de técnicas de fijación en grandes superficies.
- Baja eficiencia de los sistemas basados en uso de luz solar respecto a equipos basados en el uso de luz artificial.
- Falta de claridad en la metodología respecto a diseño del colector solar, técnicas de inmovilización y modelos de simulación.

No obstante lo anterior, el Departamento de Recursos Hídricos continuó con pruebas preliminares del uso de fotocatalizadores en calidad de riego y en la actualización y revisión de la información técnica entregada, encontrándose bibliografía relacionada con la inhibición del crecimiento de algas en revestimientos fotocatalíticos sobre hormigón (Environmental Sciece and Technology; 2000, 34, 7454-7458), desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas

contaminadas usando luz solar y en la actividad fotocatalítica de mezclas de cemento modificadas con dióxido de titanio (Applied Cataysis B: Environmental; Julio 2003, 43, 205-216). Esta última aplicación es parte integrante del proyecto presentado y corresponde a unas de la fases de estudio propuestas sobre fijación de catalizador donde es necesario notar que la fecha de publicación es 2 meses posterior a la presentación del proyecto. Estas y otras publicaciones que se entregan en las secciones siguientes responden a las tres principales observaciones presentadas por FIA.

Considerando que la tecnología de desinfección usando fotocatálisis heterogénea constituyen un nicho de investigación y desarrollo de tecnologías aplicables a la agricultura en el marco de producción limpia y de altos estándares del mercado actual, el Departamento de Recursos Hídricos considera seguir esta línea de investigación, presentando nuevamente este proyecto, reformulado con la ayuda de un experto extranjero en las áreas de química y fotocatálisis. Además, los problemas de mitigación y prevención son parte fundamental de los objetivos propuestos en el plan estratégico de Ministerio de Agricultura[1]. Respecto a materias de innovación agraria, este documento señala que se formularán propuestas para la definición de políticas y acciones que favorezcan el desarrollo, captación y transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos al sector productivo agrario y donde una de las dos iniciativas complementarias, considera el desarrollo de líneas de investigación en sanidad animal y vegetal, así como en higiene e inocuidad de alimentos. En relación a la agricultura limpia y de calidad, se señala como una de las acciones de fomento la orientación prioritaria de los diversos fondos del ámbito del Ministerio (FIA, Fondo SAG, Fondo de Promoción de Exportaciones Agropecuarias, entre otros) hacia actividades relacionadas a la calidad agropecuaria como fuente de competitividad. Los últimos avances en la fotocatálisis, la falta de aplicaciones a la agricultura, lo probado de los métodos y los problemas que se asocian a la producción limpia son coincidentes con los objetivos presentados en tales lineamientos estratégicos

Frente a lo expuesto, el análisis de las técnicas de desinfección fotocatalítica y su aplicación a las condiciones nacionales de manejo, clima, suelos, métodos de riego y condiciones de mercado cada vez más exigentes llevan a la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan a la agricultura nacional cumplir con los requerimientos de calidad y medioambiente. En este sentido, el Dr. Bandala es uno de los especialistas a nivel mundial en temas relacionados con la calidad de agua, química del agua y procesos fotocatalíticos, permitiendo reformular al proyecto antes mencionado y capacitar profesionales y agricultores. El Dr. Bandala ha participado en investigaciones en la Plataforma Solar de Almería, del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)[2], en España y ha sido coautor de artículos junto a los Drs. Blanco y Malato, del mismo centro. El CIEMAT es un referente internacional de aplicaciones fotocatalíticas a la desinfección de aguas.

3.4. Antecedentes técnicos y viabilidad de incorporación al sistema productivo nacional de la(s) tecnología(s) involucrada(s)

[1] Ministerio de Agricultura, "Una Política de Estado para la Agricultura chilena Período 2000-2010". Capítulo 4: La política sectorial: regulaciones e instrumentos, apartados 4.4.1: Innovación e investigación y 4.5.2: Regímenes regulatorios y fomento para la calidad. Disponible en www.minagri.cl (visita 4 de mayo de 2004)

[2] Para mayor información ver en http://www.psa.es/ los proyectos SOLWATER: Cost effective solar photocatalytic technology to water decontamination and desinfection in rural areas of developing countries y FOTODETOX: Aumento de la biodegrabilidad y eliminación de contaminantes persistentes en efluentes acuosos mediante métodos de oxidación avanzada (fotocatálisis solar)

El desarrollo de una agricultura limpia requiere del cumplimiento de elevados requisitos de calidad impuestos por los mercados a los cuales apunta esta actividad. Para poder acreditar una actividad agrícola limpia, toda la cadena productiva debe cumplir con estos estándares de calidad.

Los sistemas de desinfección actualmente existentes presentan desventajas, tanto por la necesidad de utilizar productos químicos, como el cloro ,o consumir energía, como el uso de microondas.

En este proyecto se propone el desarrollo de un proceso alternativo de desinfección basado en el uso de revestimientos de canales que contengan fotocatalizadores, que al reaccionar con la luz solar degradan la materia orgánica e inorgánica y destruyen microorganismos, desinfectando el agua de riego, teniendo impactos mínimos en el ambiente. Este proceso se llama fotocatálisis y el producto químico fotocatalizador. En consecuencia, el objetivo de esta consultoría es el análisis y desarrollo preliminar de un proceso de desinfección innovador, fácil de utilizar, bajo costo de operación y amigable con el medio ambiente que permitan asegurar el desarrollo de sistemas de producción limpia en la agricultura de riego.

Dos de los agentes patógenos que mas afectan la producción agrícola son las bacteria fecales y los nemátodos. Entre las desventajas que ocasiona para los productores el riego con aguas contaminadas con estos patógenos se pueden mencionar:

1. Baja en los rendimientos producto de la infección por nemátodos
2. Limitación para producir hortalizas de calidad para el mercados nacional.
3. Amenaza de restricciones en la producción de frutas regadas con agua contaminada con bacterias fecales
4. Peligro de enfermedades de los trabajadores agrícolas y peligro para la población rural

La presencia de contaminantes de origen fecal en las aguas de riego es un hecho ampliamente conocido y discutido a nivel nacional. Un problema persistentemente encontrado en las zonas regadas del Valle Central de Chile es la presencia de organismos patógenos en las aguas de riego que limitan el desarrollo de practicas limpias, obligando al productor a desechar esa idea o desinfectar el agua de riego. Claret et al (2000) analizaron muestra tomadas en 89 pozos en Parral (VII Región), de los cuales todos sobrepasaban el límite establecido por la Normativa Chilena para consumo humano y un 12% sobrepasaba el límite para riego. En la cuenca del río Chillán el Centro EULA de la Universidad de Concepción realizó un estudio donde se encontró que la contaminación por bacterias fecales es uno de los problemas mas serios de la cuenca (EULA 2002).

En general la presencia de contaminación por bacterias fecales es mas frecuente en los canales derivados que atraviesan muchas propiedades agrícolas, encontrando a su paso fuentes de contaminación puntuales como descargas clandestinas de aguas servidas, o difusas como infiltraciones provenientes de crianza de animales. Sin embargo, el problema de contaminación fecal y por nemátodos en las aguas de riego es muy difícil de controlar y los agricultores constantemente enfrentarán el problema de desinfectar el agua.

Los procesos de tratamiento del agua contaminada están basados en procesos físicos, químicos y biológicos, en combinación o de manera unitaria. Los procesos biológicos son

ambientalmente compatibles, pero la gran mayoría de los contaminantes orgánicos no son biodegradables.

Serpone&Emeline (2002), sostienen que la fotocatálisis es la aceleración de una fotoreacción por la acción de un catalizador. En esta definición queda establecida la necesaria influencia de la luz a través de los fotones. La fotocatálisis heterogénea es la fotocatálisis que tiene lugar en una superficie de frontera entre dos fases (sólido-líquido, sólido-gas, líquido-gas).

La fotocatálisis es un proceso avanzado de oxidación que utiliza principalmente dióxido de titanio (TiO_2) como fotocatalizador. El TiO_2 es también ampliamente utilizado como pigmento blanco para pinturas, cosméticos y productos alimenticios.. La fotocatálisis heterogénea es un sistema en donde las partículas de fotocatalizador están en estrecho contacto con una solución acuosa o gaseosa donde se producen las reacciones. En la ausencia de una sustancia catalizadora, la oxidación de la mayoría de hidrocarbonos tiene tasa de reacción pequeñas o reacciones lentas, que pueden ser explicadas por argumentos cinéticos; un fotocatalizador disminuye la energía de activación para una reacción dada. En este esquema, cuando una molécula de agua es adsorbida en la superficie del catalizador, se generan radicales hidroxilos de gran capacidad de oxidación (Benedix et al., 2002) de los distintos polutos presentes en el agua.

Las principales usos de esta tecnología están en el tratamiento del agua y efecto bactericida. La utilización de partículas de fotocatalizador suspendidas en fase acuosa pueden provocar precipitados que luego deben ser removidos mediante, por ejemplo, filtración, haciendo este proceso ineficiente técnica y económicamente. Aparece entonces la solución de fijar el catalizador a otros sustratos, superficies cerámicas o metálicas, como el vidrio. Respecto a la fijación del fotocatalizador, Campanati et al. (2003) expone los distintos procesos y técnicas.

El desarrollo de proyectos basados en fotocatalizadores inmovilizados, en general, suponen la modificación o mejora de técnicas o materiales existentes y probados. La elección del fotocatalizador y de la técnica de inmovilización en el desarrollo de un reactor debe considerar la combinación aceptable de costos, actividad, selectividad, vida útil y posibilidades de recuperación o regeneración. Para la utilización de luz solar se utilizan reactores donde el fotocatalizador es inmovilizado en placas de vidrio u otro sustrato que es expuesto a la luz solar en un ángulo de 22° a 37°, consistente con la latitud de la instalación (Alberici et al., 1998; Malato et al., 2002). El agua a desinfectar se hace pasar en una delgada capa sobre el reactor. En este último caso, se las observan mayores potencialidades para aplicaciones en riego, ya que se muestra un degradación de compuestos con una dependencia lineal con respecto a la intensidad de la luz solar. En el caso de cielos cubiertos, la degradación ocurre pero a menores tasas. Los costos de tratamientos asociados a aguas servidas son reducidos de manera importante al utilizar esta tecnología.

El uso de la radiación solar en la producción de radicales hidroxilos es estudiada por Malato et al.(2002), en especial las experiencias ejecutadas en la Plataforma Solar de Almería (PSA, España), utilizando fotocatálisis para el tratamiento del agua. El desarrollo de procesos y técnicas avanzadas, a diferentes niveles, ha sido ampliamente probado y estudiado (Kositzi et al., 2004; Malato et al., 2003; Robert and Malato, 2002; Malato et al., 2002). Respecto a los principales aspectos relacionados con el diseño de reactores, Cassano&Alfano (2000) entregan de manera conceptual y matemática una metodología de diseño y Brandi (2002) considera un reactor plano con fotocatalizador inmovilizado usando luz solar. Para los procesos aplicables a

al tratamiento de agua contaminada usando luz solar, se tiene los trabajos de Sagawe et al. (2003a; 2003b; 2004). Los efectos bactericidas de la fotocatálisis comenzaron a ser estudiados por Ireland et a.l (1993) utilizando cultivos puros de coliformes fecales, en específico, la Escherichia Coli, que para la norma chilena es el único indicador de la calidad bacteriológica de las aguas destinadas a riego, mostrando que para concentraciones iniciales de entre 1000 a 10.000 CFU/100 mL, después de entre 5 a 30 minutos de exposición a TiO_2 inmovilizado en una placa cerámica se logran calidad de efluentes con conteo de coliformes inferiores a 10 CFU/100 mL. Wei et al. (1994) tomando los trabajos de Ireland et a.l (1993), corrobora los efectos sobre la desinfección de agua, mostrando que utilizando TiO_2, las tasas de sobrevivencia de las colonias de Escherichia Coli es inferior al 50% después de 15 minutos de exposición. El mecanismo de acción de los sistemas de desinfección de aguas se basa en la promoción de la oxidación de los fosfolípidos poli-insaturados componentes de la membrana, produciendo un desorden celular en la Escherichia Coli por fallas en su membrana (Maness et al., 1999). Estas fallas llevan a la muerte de los microorganismos por problemas de la actividad respiratoria.

Demostrada la eficiencia de esta tecnología, se observa que los sistemas basados en desinfección mediante fotocatálisis heterogénea usando luz solar tiene variadas ventajas, como: (1) El no consumo de agentes oxidantes de alto valor y la alta producción de TiO2 (2) Debido a que la radiación ultravioleta necesaria para la activación del fotocatalizador puede ser obtenida del espectro solar, este tipo de sistemas consume energías mínimas de mantención y nulo consumo energético en la operación (3) Los oxidantes producidos son de alto poder y no discriminan, con el potencial de eliminar la mayoría de los microorganismos y la degradación o mineralización de la mayoría de polutos orgánicos (4) Puede ser aplicable en zonas rurales o de difícil acceso, ya que otras tecnologías similares, como la irradiación con luz UV o la aplicación de ozono necesitan una fuente externa de energía.

Las investigaciones muestran la versatilidad del proceso propuesto, su eficiencia económica y de descontaminación de aguas (desinfección y degradación) (Alfano et al., 2000; Chiovetta et al., 2001; Dillert et al., 1999; Pozzo et al., 1997) . Las tecnologías asociadas a riego son escasamente estudiadas y a un nivel experimental, por lo que su aplicación y desarrollo se justifica frente a los problemas de aseguramiento y cumplimiento de la calidad de aguas para riego, en especial en aquellas asociadas a procesos de producción limpia.

REFERENCIAS

Alberici, R.; Nogueira, R.; Canela, M.; Guimaraes, J. y W. Jardim (1998). *Advanced oxidation proceses applied to the treatment of organic and inorganic contaminants.* . XXVI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais,

Alfano, O.; Bahnemann, D.; Cassano, A.; Dillert, R. and R. Goslich (2000). Photocatalysis in water environments using artificial and solar light. *Catalysis Today*, 58(2-3), 199-230.

Benedix, R.; Dehn, F.; Quaas, J. y M. Orgaz (2000). *Aplication of titanium dioxide photocatalysis to create self-cleaning building materials.* Disponible en http://www.uni-leipzig.de/~massivb/institut/lacer/lacer05/l05_19.pdf. Fecha de consulta 20 de Diciembre de 2002.

Brandi, R.; Rintoul, G.; Alfano, O. and A. Cassano (2002). Photocatalytic reactors: Reaction kinetics in a flat plate solar simulator. *Catalysis Today*, 76(2-4), 161-175.

Campanati; M.; Fornasari, G. y Vaccari A. (2003). Fundamentals in the preparation of heterogeneous catalysis. *Catalysis Today* 77. 299-314.

Cassano, A. and O. Alfano (2000). Reaction engineering of suspended solid heterogeneous photocatalytic reactors. *Catalysis Today*, 58(2-3), 167-197.

Claret M., R. Ortega B., R. Mardones, L. Andreu, J. Quezada y C. Perez. 2000. Estudio de la contaminación química y microbiológica en agua de pozo destinada a consumo humano. IV Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola. Chillán Chile.

Chiovetta, M.; Romero, R. and A. Cassano (2001). Modeling of a fluidized-bed photocatalytic reactor for water pollution abatement. *Chemical Engineering Science*, 56(4), 1631-1638.

Dillert, R.; Cassano, A.; Goslich, R. and D. Bahnemann (1999). Large scale studies in solar catalytic wastewater treatment. *Catalysis Today*, 54(2-3), 267-282.

EULA, 2002. *Desarrollo de una Metodología para la Evaluación y Mitigación de la Contaminación de Aguas y Suelos: Aplicación de la Cuenca del Río Chillán.* Informe final proyecto SAG VIII4-36-0199.

Forni, L.; Kaspar, J. and A. Trovarelli (2003). Foreword: Fundamentals and applications to environmental problems. *Catalysis Today* 77. 285.

Ireland, J.; Klostermann, P., Rive, E. and R. Clark (1993). Inactivation of Escherichia Coli bi titanium dioxide photocatalytic oxidation. *Applied and Environmental Microbiology* 59(5). 1668-1670.

Kositzi, M.;Poulios, I; Malato, S.; Caceres, J. and A. Campos (2004). Solar photocatalytic treatment of synthetic municipal wastewater. *Water Research*, 38(5), March, 1147-1154. (On-line)

Malato, S.; Blanco, J.; Vidal, A. and C. Richter (2002). Photocatalysis with solar energy at a pilot-sacle: an overview. *Applied Catalysis B:Environmental* 37. 1-15.

Malato, S.; Blanco, J.; Vidal, A.; Fernández, P.; Cáceres, J.; Trincado, P.; Oliveira, J. C. and M. Vincent (2002). *New large solar photocatalytic plant: set-up and preliminary results. Chemosphere*, 47(3), April, 235-240. (On-line)

Malato, S.; Blanco, J.; Vidal, A.; Alarcón, Maldonado, M.; Cáceres, J. and W. Gernjak (2003). Applied studies in solar photocatalytic detoxification: an overview. *Solar Energy*, 75(4), October, 329-336.

Maness, P.; Smolinkski, S., Blake, D., Huang, Z., Wolfrum, E. and W. Jacoby (1999). Bactericidal activity of photocatalytic TiO2 reaction: toward and understanding of its killing mechanism. *Applied and Environmental Microbiology* 65 (9). 4094-4098.

Pozzo, R.; Baltanás, M. and A. Cassano (1997). Supported titanium oxide as photocatalyst in water decontamination: State of the art. *Catalysis Today*, 39(3), 219-231.

Robert, D. and S. Malato (2002). Solar photocatalysis: a clean process for water detoxification, *The Science of The Total Environment*, 291(1-3), May, 85-97. (On-line)

Sagawe, G.; Brandi, R.; Bahnemann, D. and A. Cassano (2003a). Photocatalytic reactors for treating water pollution with solar illumination. I: A simplified analysis for batch reactors. *Chemical Engineering Science*, 58(12), 2587-2599.(On-line)

Sagawe, G.; Brandi, R.; Bahnemann, D. and A. Cassano (2003b). Photocatalytic reactors for treating water pollution with solar illumination. II: A simplified analysis for flow reactors. *Chemical Engineering Science*, 58(12), 2601-2615. (On-line)

Sagawe, G.; Brandi, R.; Bahnemann, D. and A. Cassano (2004). Photocatalytic reactors for treating water pollution with solar illumination. III: A simplified analysis for recirculating reactors. *Solar Energy*. In Press, Uncorrected Proof, Available online 13 May 2004.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V50-4CCKW33-1/2/994e33517ac6d970f9e77e0a6a37ac00

Serpone, N and A. Emeline (2002). Suggested terms and definitions in photocatalysis and radiocatalysis. *International Journal of Photoenergy* 4. 91-131.

Wei, Ch.; Lin, W.; Zainal, Z.; Williams, N.; Zhu, K.; Krizic, A.; Smith, R. and K. Rajeshwar (1994). Bactericidal activity of TiO2 photocatalysis in aqueous media: toward a solar-assited water desinfection system. *Environmental Science and Technology* 28. 934-938

3.5. Coherencia de la propuesta con las actividades innovativas que los proponentes desean desarrollar en el corto plazo

Una vez reformulado y presentado el proyecto a la Fundación para la Innovación Agraria, el Departamento de Recursos Hídricos tiene como una futura línea de investigación la mitigación y prevención de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas utilizadas en la agricultura.

Dentro de esta líneas de investigación se pretende analizar y evaluar distintas alternativas de desinfección de aguas, innovadoras y de bajo costo que sean aplicables al sector agrícola.

3.6. Resultados o productos esperados con la realización de la propuesta

Los resultados esperados son:

- Capacitación de profesionales y agricultores en la importancia y modelación de la calidad de agua para riego. Este resultado se relaciona con la realización de un curso abierto a todo público sobre calidad de aguas dictado por Dr. Bandala y su indicador de resultado es el número de asistentes y la proporción entre profesionales y productores.
- 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.

El producto esperado con la realización de esta propuesta es la reformulación del proyecto DESARROLLO DE UN PROCESO DE DESINFECCIÓN DE AGUAS DE RIEGO UTILIZANDO FOTOCATALIZADORES ACTIVADOS CON LA LUZ SOLAR para ser presentado al concurso de Proyectos de Innovación Agraria el año 2005

SECCIÓN 4: COMPROMISO DE TRANSFERENCIA

El compromiso de transferencia de esta consultoría se basa en tres actividades:

1. Curso de Calidad de Aguas. Este curso será abierto a todo público y se espera la participación de productores, profesionales, investigadores, docentes y alumnos de postgrado. Este curso tendrá una duración de 24 horas de clases teóricas, para obtener un certificado de asistencia, mas 8 horas destinadas a seminario para quienes necesiten créditos académicos y certificado de aprobación.
2. Seminario de tecnologías de desinfección de aguas. Este seminario será abierto a todo público y tendrá una duración de 6 horas, divididas en 5 horas de exposiciones y 1 hora de discusión. Además del consultor invitado se considera la invitación de investigadores nacionales y docentes del Departamento de Recursos Hídricos.
3. Difusión en prensa local. Se consulta la invitación a medios de prensa locales (Canal TVU, Diario La discusión) e internos de la Universidad (Panorama) al curso y seminario, además de entrevistas al consultor.

SECCIÓN 5: BENEFICIARIOS

Los potenciales beneficiarios de esta propuesta son:

1. Respecto al curso de Calidad de Aguas y Seminario de Tecnologías de desinfección:
   a. Productores hortofrutícolas de la región.
   b. Investigadores de instituciones asociadas a la actividad agrícola (INIA-Quilamapu, Facultad de Agronomía de la UdeC, Facultad de Ingeniería Agrícola de la UdeC, Universidad del Bío-Bío)
   c. Profesionales independientes y consultores asociados al área agrícola.
   d. Alumnos de los programas de Postgrado de la Universidad de Concepción, Campus Chillán (Magíster en Ingeniería Agrícola, Magíster en Ciencias, Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Doctorado en Recursos Hídricos).
2. Respecto al desarrollo preliminar del proyecto de sistema de desinfección de aguas de riego de bajo costo, los beneficiarios directos son los investigadores del Departamento de Recursos Hídricos. De ser aprobado el proyecto en el próximo concurso, los beneficiarios directos serán los productores hortofrutícolas que desean productor en el marco de agricultura limpia y de calidad.

SECCIÓN 6: IMPACTOS ESPERADOS

Respecto a los objetivos específicos 1 y 2, referentes a la difusión y capacitación de conceptos de calidad de agua, los impactos esperados son:

- Difusión y captación de conceptos básicos de calidad de aguas por parte de productores hortofrutícolas.
- Toma de conocimiento de la importancia de la calidad de aguas de riego.
- Mejora de las condiciones de manejo y producción por parte de los productores, profesionales e investigadores que se orienten al desarrollo de una agricultura limpia y de calidad.

Respecto al objetivo específico 3, referente al desarrollo preliminar de aplicaciones de la fotocatálisis heterogénea en el riego, los impactos esperados son:

- Ampliación de las fronteras de investigación respecto a la calidad de aguas de riego para los investigadores del Departamento de Recursos Hídricos.
- Presentación de un proyecto de sistemas de desinfección de aguas de riego basado en fotocatalizadores activados por luz solara a presentar al próximo concurso de Proyectos de Innovación de la Fundación para la Innovación Agraria.
- Atraer inversión y patrocino, por parte de productores y empresas del sector, para la presentación de un proyecto de investigación.

SECCIÓN 7: PROGRAMA DE ACTIVIDADES

FECHA (Día-mes-año)	LUGAR (Institución/ Empresa/Productor)	ACTIVIDAD	OBJETIVO	N° y TIPO DE PARTICIPANTES	INFORMACIÓN A ENTREGAR
1 al 4 de Septiembre de 2004.	Departamento de Recursos Hídricos	Reuniones diarias de trabajo entre consultor e investigadores	Objetivo específico 3	5 investigadores, incluyendo el consultor	Proyecto sistemas de desinfección de aguas de riego
6 al 9 de Septiembre de 2004.	Auditorio Facultad de Ingeniería Agrícola, UdeC Campus Chillán	Curso de Calidad de Aguas	Objetivos específicos 1 y 2	5 productores 5 profesionales 10 estudiantes de postgrado	Material de estudio y análisis del curso preparados por el consultor
10 de Septiembre de 2004.	Auditorio Facultad de Ingeniería Agrícola, UdeC Campus Chillán	Seminario de Tecnologías de desinfección de aguas	Objetivos específicos 1 y 2	10 productores 10 profesionales 10 estudiantes postgrado 10 investigadores	Material de estudio y análisis del curso preparados por el consultor
11 de Septiembre	Estación Experimental San Carlos de la Facultad de Ingeniería Agrícola y Valle de Peumo, VI región	Visitas a terreno	Analizar los procesos productivos y de manejo	5 investigadores, incluyendo el consultor	Observaciones para el Proyecto sistemas de desinfección de aguas de riego
13 al 14 de Septiembre de 2004.	Departamento de Recursos Hídricos	Reuniones diarias de trabajo entre consultor e investigadores	Objetivo específico 3	5 investigadores, incluyendo el consultor	Proyecto sistemas de desinfección de aguas de riego

SECCIÓN 8: COSTO TOTAL Y APORTE SOLICITADO (En Pesos) (En disquete adjunto se encuentran los archivos con los cuadros de costos en Microsoft Excel, para ser trabajados en planilla de cálculo)

ÍTEM	COSTO TOTAL	APORTE PROPIO	APORTE SOLICITADO	Número de cotización adjunta (Anexo 5)
Pasajes aéreos nacional e internaciona (aporte FIA)	626.620		626.620	1
Tasas de embarque (aporte FIA)	61.370		61.370	1
Seguro de viaje	25.840		25.840	
Honorarios consultor (incluir retención de impuesto correspondiente)	0		0	
Gastos u honorarios intérprete	0		0	
Pasajes terrestres nacionales	0		0	
Viático Movilización (gastos menores de bencina, pasajes locomoción, taxi, entre otros)	91.000		91.000	
Alojamiento	317.800		317.800	2
Viático Alimentación	273.000	273.000		
Material de difusión	100.000	100.000		
Servicios Terceros (arriendo vehículo, arriendo equipos, entre otros)	150.000	150.000		
Gastos emisión de pagaré	10.000	10.000		
Gastos teléfono y fax	30.000	30.000		
TOTAL	**1.685.630**	**563.000**	**1.122.630**	

SECCIÓN 8.1: PROCEDENCIA DEL APORTE DE CONTRAPARTE (En Pesos) (Cartas de respaldo en Anexo 4)				
ÍTEM	APORTE ENTIDAD RESPONSABLE	APORTE DIRECTO PROPONENTES	APORTE OTRA PROCEDENCIA (*)	APORTE TOTAL DE CONTRAPARTE
Pasajes aéreos internacionales (aporte FIA)				
Pasajes aéreos nacionales (aporte FIA)				
Tasas de embarque (aporte FIA)				
Seguro de viaje				
Honorarios consultor (incluir retención de impuesto correspondiente)				
Gastos u honorarios intérprete				
Pasajes terrestres nacionales				
Viático de Movilización (gastos menores de bencina, pasajes locomoción, taxi, entre otros)				
Alojamiento				
Viático Alimentación	273.000			273.000
Material de difusión	100.000			100.000
Servicios Terceros (arriendo vehículo, arriendo equipos, entre otros)	150.000			150.000
Gastos emisión de pagaré	10.000			10.000
Gastos teléfono y fax	30.000			30.000
TOTAL	**563.000**			**563.000**

(*) Se debe ingresar en dicha celda el nombre de la otra fuente de financiamiento

SECCIÓN 8.2: DETALLE DEL CÁLCULO DE COSTOS (En Pesos)				
ÍTEM	COSTO UNITARIO	Nº DE UNIDADES (CANTIDAD)	COSTO TOTAL (**)	Nº COTIZACIÓN
Pasajes aéreos nacional e internacional (aporte FIA)	626.620	1	626.620	1
Tasas de embarque (aporte FIA)	61.370	1	61.370	1
Seguro de viaje	25.840		25.840	
Honorarios consultor (incluir retención de impuesto correspondiente)	0		0	
Gastos u honorarios intérprete	0		0	
Pasajes terrestres nacionales	0		0	
Viático de Movilización (gastos menores de bencina, pasajes locomoción, taxi, entre otros)	6.500	14	91.000	
Alojamiento	22.700	14	317.800	2
Viático Alimentación	19.500	14	273.000	
Material de difusión	100.000	1	100.000	
Servicios Terceros (arriendo vehículo, arriendo equipos, entre otros)	150.000	1	150.000	
Gastos emisión de pagaré	10.000	1	10.000	
Gastos teléfono y fax	30.000	1	30.000	
TOTAL			1.685.630	

(**) Los montos señalados en este cuadro deben ser explicados con detalle en la sección 8.3

SECCIÓN 8.3. DETALLE DE CALCULO DE COSTOS

En esta sección se debe entregar toda la información necesaria que explique detalladamente los cálculos realizado para determinar la estructura de costos de la consultoría y los montos indicados en el cuadro anterior de la sección 8.2.

- **Pasajes terrestres internacionales, tasas de embarque y seguros de viaje (sobre los valores referenciales entregados por la agencia de viaje):**

Ítem	Valor	
	US$	$
Pasaje Cuidad de México-Concepción-Ciudad de México	855	555.750
Impuestos	93	60.450
Sobrecargos	50	32.500
Total	998	**648.700**

Nota: valores calculados considerando el valor del dólar como $650.

- **Pasajes terrestres nacionales (sobre os valores referenciales entregados por la agencia de viaje)** Los valores del pasaje nacional están incluidos en la tarifa anterior.

- **Honorarios Consultor (debe incluir la retención de impuesto correspondiente)** No se consideran estos costos, el consultor contactado no pide honorarios

- **Honorarios Intérprete (debe incluir la retención de impuesto correspondiente)** No se consideran estos costos, el consultor tiene como lengua nativa el castellano.

Victoria Gonzalez

De: "Piera Merani" <pmerani@cocha.com>
Para: "Victoria Gonzalez" <vgonzale@fia.gob.cl>
Enviado: Viernes, 13 de Agosto de 2004 12:48 p.m.
Asunto: COTIZACION CONSULTOR MEXICO

Victoria,
Te envio cotización solicitada:

VIA LAN CHILE

MEXICO/SANTIAGO	01SEP.	22.55 - 08.15+1
SANTIAGO/CONCEPCION	02SEP.	12.30 - 13.30
CONCEPCION/SANTIAGO	14SEP	09.10 - 10.10
SANTIAGO/MEXICO	14.SEP	14.00 - 21.50

TARIFA..... USD 970.-
TAX AEP..... USD 95.

Restricciones
Parte nacional emisión a las 24 hrs confirmada la reserva
Sin derecho a cambio ni devolucion

Cancelacion multa USD 75.-
Reserva 5 días antes de la salida y emisión 7 dias despues de confirmada la reserva

SEGURO VIAJE

TARIFA..... USD 40.-

CAMBIO A LA FECHA USD 646.-

** Valores sujetos a cambio sin previo aviso.

Maria Piera Merani P.
4641161
pmerani@cocha.com