

### III. Propuestas de cooperación

#### a. Medio ambiente

## **Producción y aplicación de un biopolímero como una solución sustentable para el problema de abasto de agua en la Ciudad de México**

*Ricardo Núñez Rico*<sup>1</sup>

### **1. Antecedentes y justificación<sup>2</sup>**

La poli-glucosamina-Nacetil glucosamina es un material que ha sido considerado el biopolímero del siglo XXI, pues en las últimas décadas se han desarrollado una gran cantidad de aplicaciones en sectores tan diversos como: alimentos, farmacéutico, biomedicina, biotecnología, textil y sector ambiental. En éste último, su principal aplicación es como agente floculante para el tratamiento de aguas residuales. El biopolímero se puede obtener de fuentes naturales diversas, pero las que se utilizan a nivel industrial son los desechos de crustáceos.

En la actualidad, México presenta un problema grave de abastecimiento de agua, esto debido a que, en lo que se refiere al tratamiento de agua residual, sólo 24 plantas depuran 13% de las aguas negras producidas por la Ciudad de México, caudal que es reutilizado en algunas industrias para el riego de áreas verdes públicas o en servicios de lavado de autos. Sin embargo, es necesario incrementar significativamente la cantidad de agua residual que es tratada. Esto se puede lograr mediante la creación de nueva infraestructura y el aumento de la eficiencia en los procesos de la existente.

En la Ciudad de México se ha creado el programa de manejo sustentable del agua para la Ciudad de México, el cual integra un conjunto de acciones que guiará la política del Gobierno del Distrito Federal durante el periodo 2007 al 2012. Esto se hizo mediante análisis llevados a cabo en el desarrollo del Programa Sectorial de la Secretaría del Medio Ambiente, del Plan Verde y los Programas del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Es por esta razón que se pretende que la propuesta realizada en este trabajo puede ser canalizada para su ejecución a través del Plan Verde de la Ciudad de México y tomando como base los avances que ha logrado la ciudad de Beijing en los últimos años.

El plan verde para la Ciudad de México es un programa gubernamental de mediano plazo que contiene estrategias y acciones para la búsqueda del desarrollo sustentable de la ciudad. En la propuesta buscamos proponer acciones puntuales a través de los siguientes objetivos y estrategias de dicho plan. (ANEXO página 11)

1 Becario generación 2009. Ricardo Núñez Rico, Biotech Developments, ricardo\_nrr@live.com.mx.

2 Para consultar todos los anexos y referencias bibliográficas revisar la siguiente dirección electrónica: <http://www.economia.unam.mx/cechimex/becas.html>.

En los tratamientos de agua convencionales y en plantas de tratamiento de la ciudad, un proceso eficiente pero poco utilizado es la floculación, que consiste en añadir una sustancia (floculante) para eliminar contaminantes que los procesos ampliamente utilizados no logran remover y lo hace de forma muy rápida y ya que el tratamiento de aguas naturales y efluentes industriales en la Ciudad de México cobra cada vez mayor importancia debido a los problemas ambientales provocados por la generación masiva de aguas con altos contenidos de materiales contaminantes, el cumplimiento del objetivo 3 del plan verde es uno de los elementos indispensables de nuestro proyecto.

A pesar de las ventajas, existen diversas limitaciones para emplear la floculación, es aquí en donde entra nuestro enfoque en el objetivo 6 del plan verde dirigido al manejo de residuos. El sulfato de aluminio ha sido el floculante más usado por su fácil manejo, su bajo costo y su facilidad para conseguirlo. Sin embargo, existen inconvenientes: al utilizar sales de aluminio, además de producirse grandes cantidades de sedimento, los altos niveles de aluminio remanentes en las aguas tratadas ponen en riesgo la salud pública ya que estas sales pueden ser causantes de algún tipo de enfermedad. Con el reciclaje de un residuo orgánico (desechos de crustáceos) se puede producir el biopolímero que funciona como floculante biodegradable.

## **Experiencias en Beijing**

La Ciudad de Beijing tiene serios problemas ambientales debidos a su crecimiento industrial, tecnológico y económico. Hacia el 2008 y en parte por haber sido la sede de los juegos Olímpicos, se propusieron una serie de soluciones a estos problemas. En el caso del agua, las metas que se han logrado son: el tratamiento del 90% del agua descargada y la reutilización del 50% de los efluentes secundarios generados en la ciudad. Sin embargo, a pesar de que en sus plantas de tratamiento se aplican distintas técnicas, entre ellas la floculación, el biopolímero no es una opción viable para la aplicación en las plantas de tratamiento municipales debido a que el uso del sulfato de aluminio y poliacrilamidas es más económico, a pesar de las claras ventajas que ofrece. Debido a esto la calidad del agua que se recircula es deficiente y se recomienda tener precauciones como no ingerirla. (ANEXO página 13)

A pesar de esto, destaca que el éxito obtenido se logró por la creación del organismo encargado del manejo de las aguas residuales llamado Beijing Drainage Group (BDG), creado en el año 2002. Para lograr los objetivos planteados por el gobierno, el BDG creó una alianza importante con las empresas Beijing Water Company y Beijing Capital Corporation, mismas que contribuyeron a generar la infraestructura necesaria, además de aportar el financiamiento para la construcción de las plantas de tratamiento de agua en la Ciudad de Beijing.

Otra estrategia importante realizada por parte de China, fue impulsar la investigación y el desarrollo dentro de las Universidades e Institutos Tecnológicos

## a. Medio ambiente

en donde existen distintas líneas de Investigación dirigidas al sector ambiental y específicamente al tratamiento de aguas residuales. La Universidad Tsinghua trabaja en conjunto con instituciones como Beijing Drainage Group e instituciones privadas de otros países como la empresa francesa SUEZ environnement, las cuales suman esfuerzos para lograr la sustentabilidad ambiental.

En la Universidad Tsinghua se siguen líneas de investigación sobre:

- El uso del biopolímero producido a partir de los desechos de la industria pesquera.
- Tecnologías aplicadas al tratamiento y manejo de aguas residuales

Como se mencionó, la colaboración de distintos organismos fue fundamental para el logro de los objetivos. Esto no se dio a través del BDG, el BCC y el BWC de manera aislada, sino que resultó crucial la eficiente vinculación con los centros de investigación.

Por otro lado, se sabe que como proveedor del biopolímero más importante en el mundo, las exportaciones de China llegan a alrededor del 80% de su producción de glucosamina a los mercados extranjeros, sus destinos principales son los Estados Unidos, Europa, Corea del Sur y Japón.

En los últimos años, la producción del biopolímero y las exportaciones de China han estado creciendo muy rápido, con una tasa de crecimiento anual de alrededor del 10%. La producción del quitosán en China poco a poco se ha ido concentrando en las grandes empresas y en las zonas costeras. En los últimos años, a pesar de que el número de fabricantes ha ido disminuyendo, la capacidad promedio de cada productor en China ha aumentado considerablemente en un 90% más en el año 2008 que en 2005.

La industria del quitosán en China es muy sensible a la oferta de materias primas. En China, la glucosamina es producida a partir de principalmente cáscara de camarón y la langosta, y el quitosán se obtiene principalmente de las materias primas importadas, principalmente la cáscara del cangrejo de nieve traída desde Alaska. Sabemos que la producción del biopolímero está muy extendida en toda China y que es una industria en crecimiento debido a sus diversas aplicaciones. En la ciudad de Shandog y Shangai existen un número considerable de empresas que se dedican a la obtención del biopolímero. Específicamente en la ciudad de Shandong identificamos la mayor concentración de este tipo de empresas productoras.

Resulta sobresaliente la vinculación de las empresas con las líneas de investigación en la ciudad de Beijing, así como el beneficio económico y tecnológico que se genera entre las empresas y las Universidades. (ANEXO página 24)

En México no se produce este biopolímero, a pesar de que se generan grandes cantidades de desechos de la industria pesquera que podrían ser aprovechados en la elaboración de productos con alto valor agregado. La Doctora Patricia Miranda Castro, Investigadora de la UNAM, lleva a cabo investigaciones acerca del

biopolímero y ha logrado una metodología propia de extracción del material en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C), utilizando caparazones y cabezas de los crustáceos que para la industria pesquera son desechos. La patente de esta metodología para la extracción, obtención y purificación del material está en trámite ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial y de otorgarse, la UNAM podrá realizar transferencias tecnológicas con este producto de origen natural.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Creación de un acuerdo para la gestión de la construcción de una planta de producción de biopolímero por el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ICyTDF) en la Ciudad de México, mediante el aprovechamiento de los desechos de crustáceos y su implementación en un sistema de recolección y tratamiento de agua de lluvia.

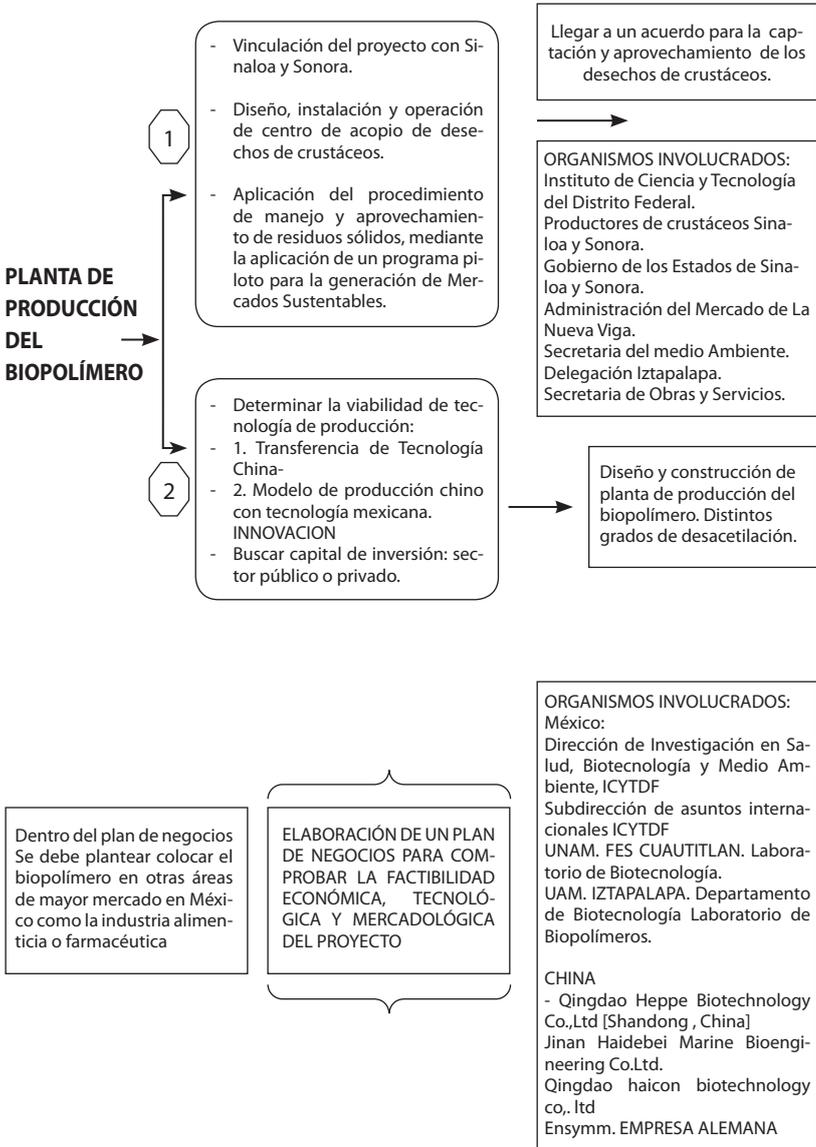
### 2.2 Objetivos específicos

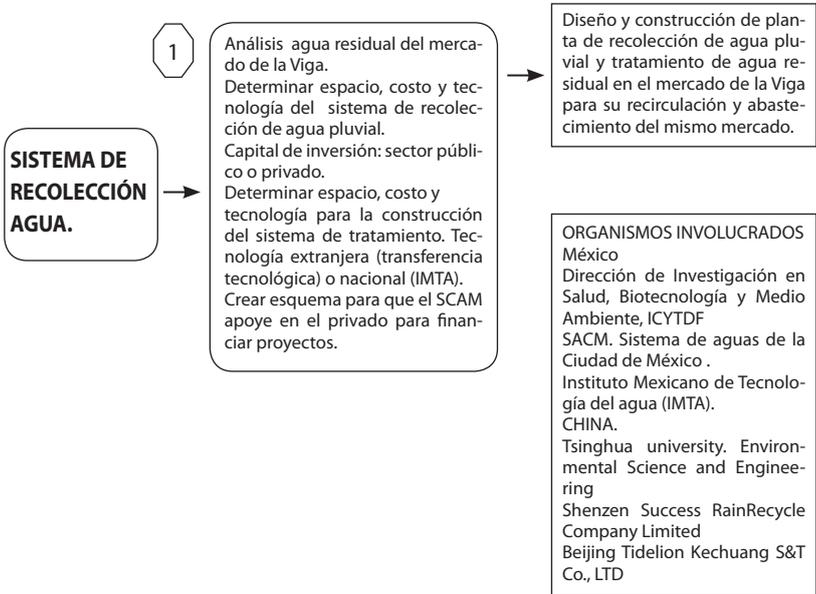
- Vincular un proyecto con los productores de crustáceos de Sinaloa y Sonora (mayores productores de crustáceo).
- Diseño, instalación y operación de un centro de acopio de cáscara de crustáceo en un lugar cercano a zonas de mayor capacidad de producción de crustáceo en donde se efectúen las operaciones necesarias para su conservación.
- Operar una planta de producción del biopolímero en la Ciudad de México con participación del ICYTDF, con la colaboración de instituciones públicas y privadas entre China u otros países.
- Crear un programa piloto para el tratamiento de agua residual y la reutilización de ésta en los mercados de la Ciudad de México (IMTA- Instituto Mexicano de Tecnología del agua), aprovechando lo que se desperdicia como basura y generar alternativas de sustentabilidad ambiental (MERCADOS SUSTENTABLES).
- Implementar un sistema de recolección de agua de lluvia.
- Aplicación del programa de recolección y separación de desechos en el mercado de La Nueva Viga y clasificación de los desechos que puedan ser aprovechados y reutilizados mediante tecnología sustentable (cascaras de camarón y crustáceos).
- Elaboración de un plan de negocios para demostrar la viabilidad económica, tecnológica y de mercado del proyecto. Y de esta manera hacer una búsqueda de capital de inversión por parte de alguna institución pública o de capital privado.

### 3. Metodología

Se muestra el esquema general de la metodología a aplicarse en la propuesta:  
 Los detalles de cada etapa de la propuesta se muestran en el ANEXO (Página 30)

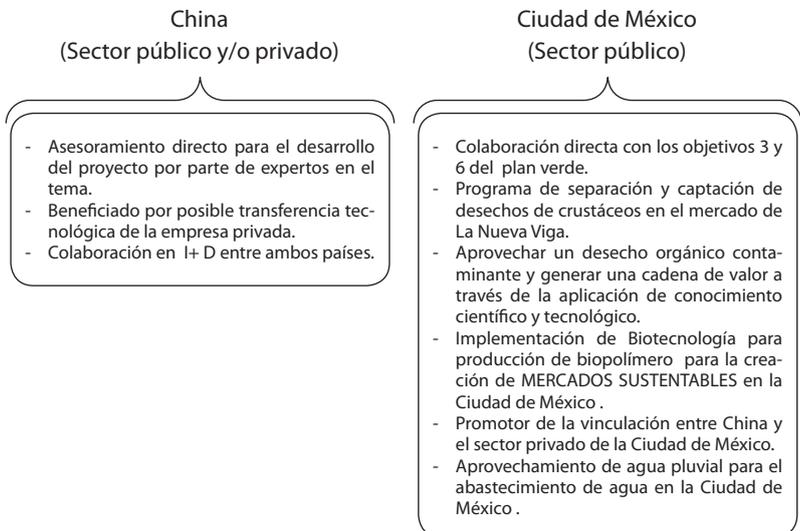
**Figura 1. DIAGRAMA DE FLUJO. Metodología**





#### 4. Resultados esperados

El siguiente esquema muestra el impacto potencial que se espera desarrollar a partir del trabajo la implementación de la propuesta en la Ciudad de México . (ANEXO Página 58)



## a. Medio ambiente

El beneficio directo de la propuesta para el gobierno del Distrito Federal se ve reflejado en dos objetivos principales del plan verde de la Ciudad de México:

**Objetivo 3 del plan verde.** “Lograr la autosuficiencia hídrica y gestión integral del agua en el Distrito Federal”

**Objetivo 6 del plan verde.** Instrumentar un sistema integral y sostenible de manejo de residuos sólidos urbanos.

Además, se pretende vincular un proyecto con los productores de crustáceos de Sonora y Sinaloa, dado que la capacidad de pesca solamente de camarón es de alrededor de 130,000 toneladas al año, lo que representa aproximadamente 26,500 toneladas de cáscara que es nuestra materia prima de la cual podemos obtener alrededor de 1,300 toneladas de quitosan. En la Ciudad de México los crustáceos se comercializan en su gran mayoría con la cáscara y es en los hogares y en los restaurantes en donde se desecha la cáscara, lo que hace prácticamente imposible su acopio, conservación y procesamiento industrial.

A pesar de los esfuerzos que se han realizado en el programa de separación de residuos sólidos, el éxito todavía no es palpable. Con esta propuesta buscamos que realmente se aplique el procedimiento de manejo y separación de residuos sólidos en el mercado de La Nueva Viga, basado en la Ley de residuos sólidos del Distrito Federal para que se genere valor en un residuo altamente contaminante que son las cáscaras de los crustáceos.

El sector público de la Ciudad de México será un vínculo entre empresas de producción del biopolímero en China y el sector productivo nacional. Participará en el desarrollo de esquemas de colaboración dirigidos a mejorar la competitividad y fortalecer una industria sustentable en nuestra ciudad.

El sector privado podrá operar una industria con alto potencial, cuyos productos, derivados del biopolímero, beneficiaran en un principio a empresas que actualmente tratan sus aguas residuales con productos de exportación. En el largo plazo se podrá desarrollar tecnología mexicana para aplicaciones del mismo biopolímero en otras áreas de valor agregado.

Se pretende llevar a cabo la implementación del biopolímero en una planta de recolección y tratamiento de agua de lluvia en el mercado de la nueva Viga con la idea a futuro de ser aplicado en todos los mercados de la Ciudad de México y así comenzar tener sistemas reutilización del agua de manera sostenible en la Ciudad de México y comenzar una cadena de aprovechamiento de desechos para la creación de Tecnologías limpias y que los mercados de la Ciudad de México sean Mercados sustentables.

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) está sectorizado en la SEMARNAT y tiene por objetivo prestar los servicios públicos de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y su reutilización. Sin embargo, la principal atención se centra en el suministro, dejando en último término el tratamiento de agua y su reutilización, un sistema donde el

sector privado pueda financiar proyectos para la implementación de sistemas de tratamiento de agua, incentivara a la inversión de tecnologías limpias.

## 5. Experiencia profesional en el tema

Ingeniero en Biotecnología egresado de La Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

A inicios de 2008 incursioné en el Programa de Adiestramiento en Innovación Tecnológica (PAIT) en el Centro de Investigación e innovación Tecnológica (CIITEC-IPN). Bajo este programa conté con acceso al uso de instalaciones de laboratorio y vinculación con asesores especializados.

## 6. Cronograma de actividades para realizar el proyecto

Se estimó que el tiempo total para la construcción y puesta en marcha de la planta de producción del biopolímero es de 26 meses, 2 años dos meses.

		CRONOGRAMA																										
		PROYECTO USO DE UN BIOPOLIMERO COMO UNA SOLUCIÓN SUSTENTABLE PARA EL ABASTO DE AGUA EN LA CIUDAD DE MEXICO																										
ACTIVIDAD	MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Aplicación del procedimiento de muestreo y aprovechamiento de residuos sólidos		■																										
Análisis y desechos en el mercado de la Nueva Viga (Delegación Iztapalapa)		■	■																									
Separación y contabilización		■	■	■																								
Clasificación de desechos. Determinar tipo de desechos aprovechables		■	■	■	■																							
Acuerdo para transporte de materia prima de algún centro pesquero				■	■	■																						
Determinar viabilidad de implementación de tecnología		■	■	■	■	■																						
Búsqueda de capital de inversión. Plan de negocios para planta de producción del biopolímero		■	■	■	■	■	■																					
Diseño y construcción de planta de producción del biopolímero								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis agua residual del mercado de la Viga																												
Determinar espacio, costo y tecnología del sistema de recolección de agua pluvial																												
Determinar espacio, costo y tecnología para la construcción del sistema de tratamiento																												
Crear empresa para que el SACM se apoye en el privado para financiar proyectos																												
Diseño y construcción de planta de recolección de agua pluvial y tratamiento de agua residual en el mercado de la Viga																												
Búsqueda de capital de inversión. Sistema de recolección y tratamiento de agua residual																												
Funcionamiento de planta de producción del biopolímero y sistema de recolección de agua de lluvia																												

## 7. Presupuesto e instituciones vinculadas

Para instalar una planta de producción de quitosan se necesita básicamente un reactor de desmineralización, otro de desproteinizador, molino, secador y fermentador. Los productos pueden ser refinados lo cual aumenta su valor, por lo que se debe contar con espectrofotómetro, centrifugadora, balanza, autoclave y agitadora. La inversión en maquinaria es de alrededor de un millón de pesos. El precio de la materia prima, las cutículas de los crustáceos, no se ha establecido al ser un desperdicio; sin embargo, se puede llegar a un acuerdo con las cooperativas camarонерas para determinar un valor. Los organismos que intervendrán en esta etapa del proceso son: la empresa que ofrezca la transferencia de la tecnología, el gobierno del distrito federal (ICYTDF), instituciones de investigación (UNAM, IPN, UAM).

## a. Medio ambiente

Para demostrar la viabilidad económica del proyecto se ha realizado el siguiente análisis financiero; el análisis se hizo mediante una proyección a 5 años. Es importante mencionar que los datos usados para estimar tanto los costos como el volumen de venta han sido obtenidos mediante la revisión de bibliografía y reportes a nivel internacional, así como la investigación realizada en Beijing. (Los detalles de análisis de encuentran en ANEXO página 61)

Basándonos en el costo total del equipo necesario para la producción en México, valuado en \$1,000,000 de pesos aproximadamente, con la capacidad de producción que se especifica en este análisis, se determinó una inversión fija total de \$4,000,000 de pesos La cual es recuperada en 2 años 9 meses (periodo de retorno de la inversión, PRI, aceptable ya que es menor a tres años), con un valor presente neto de \$2,680,000 pesos (asumiendo una tasa corporativa de descuento del 25%, que se considera aceptable por la mayoría de los inversionistas en proyectos de este tipo) y una tasa interna de retorno (TIR) de 47%, superior a CETES (VER ANEXO pag.66).

Concluyendo, la construcción en México de una planta para la producción de quitosan por un método biotecnológico es viable financieramente ya que los indicadores (PRI, VAN y TIR) resultan atractivos para inversionistas en proyectos de alta tecnología.

Es importante mencionar la utilidad de llevar a cabo un plan de negocios para determinar la inversión exacta/real de la planta de producción del quitosan, la materia prima disponible y la forma el tamaño de la planta.

## 8. Contactos en México y China

Nombre	Institución y puesto	Datos
YU Gang	Universidad Tsinghua Catedrático Investigador/Departamento de ciencias ambientales e Ingeniería	Teléfono: 86-10-62787137 Correo electrónico: yg-den@tsinghua.edu.cn
XIA Huang	Universidad Tsinghua. Investigador y catedrático Departamento de ciencias ambientales e Ingeniería	Teléfono: +86-10-62772324 Correo electrónico: xhuang@tsinghua.edu.cn
Du Pengfei	Universidad Tsinghua Investigador y catedrático Departamento de ciencias ambientales e Ingeniería	Teléfono:8610-62796959 Correo electrónico: dupf@tsinghua.edu.cn
JIA Haifeng	Universidad Tsinghua Investigador y catedrático Departamento de ciencias ambientales e Ingeniería	Teléfono: 62785610-13 Correo electrónico: jhf@tsinghua.edu.cn
WU Jing	Universidad Tsinghua Investigador y catedrático Departamento de ciencias ambientales e Ingeniería	Teléfono: 010-62789121 Correo electrónico: wu_jing@tsinghua.edu.cn

**Programa de Becas Ciudad de México-China: propuestas de cooperación**

Michelle Liu	Exportaciones / Jinan Haidebei Company	Tel: +0086-531-87983986, E-mail: export@haidebei.com, jnhdb@haidebei.com
Heng Ming Yang	Encargado de ventas/ Weifang KeHai chitin Co	Tel+86-0536-6711676 Phone13780888549 e-mail: jiakesu@jiakesu.cn
Oksana Choi	Asuntos internacionales/ Weifang Youngdeok Chitosan co.,ltd	okyd100@gmail.com ydc100yingye@gmail.com
Ms. Lisa	Gerente General /Qingdao Heppe Biotechnology Co.,	Tel: 86-13210133416,86-532-88105275 Fax:86-532-88062886 Email: greentea1022@hotmail.com
Bill	Gerente de Marketing, Shenzen Success Rain Recycle Company Limited	Tel. 86-755-3323 0210 Mobile: 13828797786 e-mail: yely163@163.com
Dong Baoshan	Gerente regional, Beijing Echo Technologies	Tel: 8610 62971668 6576 Mobile: 8613910622220 e-mail: dongbaoshan@echocontrol.com

**En México**

Nombre	Institución y puesto	Datos
Dra. Claudia Alicia Cortés (CIITEC). <b>REAL</b>	Jefa del departamento de servicios y desarrollos tecnológicos del CIITEC-IPN	+ 52 (55) 5729 6000 ext. 64340.
M en C. Diana Ortega Arrijoa (UPDCE). <b>REAL</b>	Jefa del departamento para formación de emprendedores y empresarios en la unidad politécnica para el desarrollo y la competitividad empresarial (UPDCE)	+ (55) 5752 6000 Ext. 57005
Ing. Pedro Luna Acevedo (CIITEC). <b>REAL</b>	Director del programa de Adiestramiento en Innovación Tecnológica (PAIT-CIITEC)	plunaa@yahoo.com.mx
Ing. Marco Antonio Reyes Zermeño. <b>REAL</b>	Subdirector de proyectos del Sistema de aguas de la Ciudad de México	Tel: 51 30 44 33 ext. 1516 y 1517 Correo electrónico: marz1970@yahoo.com.mx
Lic. Ana Urbina Espinosa Hernández. <b>REAL</b>	Jefa de Vinculación/ Planta de tratamiento Cerro de la estrella, Ciudad de México	Tel: 22911504 Correo electrónico: galatea-66@hotmail.com
Doctora Patricia Miranda Castro. <b>POTENCIAL</b>	UNAM. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Departamento de biotecnología	

## a. Medio ambiente

DRA. Keiko Shirai Matsumoto. <b>POTENCIAL</b>	UAM. Unidad Iztapalapa, Departamento de biotecnología, Profesora titular C	Tel. + (52) 55-58-04-4711 smk@xanum.uam.mx smk@docencia.izt.uam.mx
Jorge Toral Peña <b>POTENCIAL</b>	Presidente del consejo de administración del mercado de La Nueva Viga	

## 9. Limitaciones y fortalezas actuales del proyecto en la Ciudad de México

### Fortalezas

- El auge de aplicación de tecnologías sustentables en la Ciudad de México, además de la iniciativa del ICYTF de apoyar proyectos con implementación de biotecnología.
- El problema de abastecimiento de agua en la Ciudad de México permitirá que se apoyen un mayor número de proyectos para resolver el problema.
- Los sistemas de recolección de agua de lluvia son una opción viable de aplicarse debido a que es una tecnología accesible y con un costo accesible.
- Existe un gran interés por parte del gobierno del Distrito Federal para la aplicación de tecnologías de aprovechamiento de residuos sólidos para generar productos de valor agregado.
- Existen distintas opciones viables de tecnología para la producción del biopolímero: transferencia tecnológica (China, Alemania) o tecnología mexicana.
- Primer paso para generar un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos en los mercados de la Ciudad de México (MERCADOS SUSTENTABLES).
- Genera beneficios tanto económicos como ambientales.
- China realiza fuertes exportaciones del biopolímero a Europa. Si a largo plazo México produjera altos volúmenes a un bajo costo, geográficamente nuestro país tendría ventajas frente a China en mercados como el de Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea.

### Limitaciones

- Falta de interés por parte de la administración del mercado de la Nueva Viga de implementar la tecnología para la producción del biopolímero.
- Falta de presupuesto por parte del gobierno para la implementación de nuevas tecnologías sustentables.
- Que el transporte de materia prima salga a un costo muy elevado.
- La falta de interés de generar vínculos entre el sector público y el privado y llegar a un acuerdo.