



# 4° Jornadas ITE 2017

4, 5 y 6 de abril de 2017

---

**CUARTAS JORNADAS de INVESTIGACION,  
TRANSFERENCIA y EXTENSION de la  
FACULTAD DE INGENIERIA**

---

[secit@ing.unlp.edu.ar](mailto:secit@ing.unlp.edu.ar) | [www.ing.unlp.edu.ar](http://www.ing.unlp.edu.ar)

Calle 1 y 47 - La Plata (B1900TAG)



# 4° Jornadas ITE 2017

## Resúmenes extendidos - 2017

*Secretaría de Investigación y Transferencia  
Facultad de Ingeniería - UNLP.*

Ing. Liliana M. Gassa  
*Secretaria de Investigación y Transferencia*

Lic. Gabriela Caorsi  
*Directora de Investigación y Transferencia*

Sr. Leandro Grasso  
*Asistente*

Cuartas Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión / Stella Abate ... [et al.] ;  
compilado por Gabriela Caorsi ; Liliana Mabel Gassa. - 1a edición para el alumno  
- La Plata : Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ingeniería, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-34-1453-8

1. Investigación. I. Abate, Stella II. Caorsi, Gabriela , comp. III. Gassa, Liliana  
Mabel , comp.

CDD 378.007

# Autoridades de la Facultad de Ingeniería

## ***Decano***

Dr. Ing. Marcos Actis

## ***Vicedecano***

Ing. Horacio Frene

## ***Secretario Académico***

Mag. Ing. José Scaramutti

## ***Prosecretario Académica***

Ing. Fernando Gutiérrez

## ***Secretaria de Investigación y Transferencia***

Ing. Liliana Mabel Gassa

## ***Director de la Escuela de Postgrado y Educación Continua (EPEC)***

Dr. Ing. Sergio Giner

## ***Secretaría de Extensión y Vinculación con el Medio***

Ing. Gustavo Saralegui

## ***Secretaria de Gestión y Seguimiento de Actividades Curriculares***

Cta. Cfica. Rossana Di Domenicantonio

## ***Prosecretaría de Gestión y Seguimiento de Actividades Curriculares***

Ing. Yanina Hollman

# ÍNDICE POR AUTOR

<b>Autor</b>	<b>Código</b>	<b>Página</b>
ABATE, Stella	AP1	P. 186
ACTIS, Marcos	IA2	P. 22
AGOSTINI, Marcial	IE6	P. 344
ALDASORO, Roberto	IAG2	P. 172
ALGOZINO, Santiago	AI9, CB12	P. 72, P. 259
ALVAREZ, Raúl	IE16	P. 405
ALZATE MARÍN, Juan	IQ4	P. 601
ANDERSON, Jorge	IE9	P. 363
ANGHEBEN, Enrique	IH2, IH3, IH5	P. 437, P. 443, P.455
ANTOKOLETZ, Sebastián	IA3	P. 28
AQUILANO, Luisina	CB3, CB4	P. 205, P. 212
AROCAS, Sergio	IM15	P. 560
AROSATEGUI, Walter	IE6, IE7	P. 344, P. 350
ARROJO, Carlos	IE5	P. 334
ATTADEMO, Federico	IA18	P. 136
AZPEITIA, Anahí	IM5	P. 494
BARBA, Salvatore	IM7	P. 507
BARRERA, John	CB10	P. 247
BARRETO, Guillermo	IQ11	P. 648
BENOIT, Clement	IE2	P. 314
BERARDOZZI, Eliana	IH1	P. 431
BERGAMINI, Javier	Ag2	P. 172
BERTOLA, Nora	IQ5	P. 608
BIANCHI, Ana	CB7, CB8	P. 229, P. 235
BIANCHI, Guillermo	IH3, IH4	P. 443, P. 449
BIDEBERRIPE, Hernán	IQ12	P. 655
BILMES, Pablo	IM1, IM2, IM4, IM5, IM6	P.468, P.477, P.488, P.497, P.501

BONARDO, Leandro	IH2	P.437
BONETTO, Rita	IM5	P.494
BONOLDI, Joaquín	IH5	P.455
BOSC, Cristian	IM14	P.550
BOTANA, Adrián	CB8	P.235
BOTCHER, Carlos Axel	CB5, CB6	P.218, P.224
BOTTANI, Asdrúbal	IA2	P.22
BRANNE, Julia	IH5	P.455
BRAUN, Matías	IC2, IC4	P.288, P.301
BUCARI, Néstor	CB2	P.199
BUFFARINI, Leandro	CB9	P.241
BULACIOS, Esteban	IM15	P.560
BURELA, Ezequiel	IA14	P.105
CAGNOLI, Ma. Virginia	IQ10	P.640
CALANDRA, Ma. Valeria	CB12	P.259
CALIFANO, Alicia	IQ1, IQ7	P.582, P.621
CALVETTY RAMOS, Gabriela	IH2	P.437
CALVO, Gabriela	IH6	P.461
CANO, Leonardo	IQ10	P.640
CAP, Nelly Lucia	CB9	P.241
CAPPELLETTI, Marcelo	IE4	P.327
CAPITTINI, Guillermo	IA11	P.85
CARAVELLI, Alejandro	IQ4	P.601
CARLOTTO, Adrián	IE10	P.368
CASAS, Guillermo	IE4	P.327
CASAS, Remedios	IA20	P.151
CASELLA, Mónica	IQ12	P.655
CASTAN, Nelson	IM13	P.544
CASTAÑEDA, Ma. Teresita	IE1	P.308
CASTELLANO, Gustavo	IM5	P.494
CASTELLI, Leonardo	IA7	P.59
CASTRO, Lorena	IA18	P.136
CATALANO, Leonardo	IE16	P.405
CEDOLA, Ariel P.	IE4	P.327
CHAPELA, Matías	IA12	P.91
CHARPENTIER, Florencia	CB7	P.229

CIBEIRA, Natalia	IP1, IP2	P.569, P.573
CICCHETTI, Juan	IM10	P.527
CIOFFI, Julieta	IH5	P.455
CIPPONERI, Marcos	IH6	P.461
COGO, Jorge	IE17	P.412
COLMAN LERNER, Jorge Esteban	IQ5	P.608
COPPA, Matías	IA19	P.144
CORDERO, Ma. Cristina	IE12, IE13, IE14, IE15	P.380, P.386, P.393, P.399
CORREA AGUIRRE, Juan	CB8	P.235
COSTA, Joaquín	IE8	P.356
COSTA, Viviana	CB1	P.193
COUSELO, Romina	IP1, IP2	P.569, P.573
COZZARIN, Ana Laura	IM9	P.520
CRESPI, Gabriel	IP1, IP2	P.569, P.573
CULCASI, J. Daniel	IM3	P.484
CZERWIEN, Juan Carlos	CB4, CB5, CB6	P.212, P.218, P.224
DAGUERRE, Lisandro	IC3	P.294
DALINGER, Nicolás	IH5	P.455
DE BATTISTA, Hernán	IE1, IE3	P.308, P.320
DEFRANCO, Gabriel	IM7, IM8	P. 507, P.514
Del CONTE, Andrés	IM13	P.544
De La PUENTE, Juan	IE8	P.356
DELNERO, Juan S.	IA9, CB12	P.72, P. 259
DEL RIO, Laura	CB2	P.199
DEVECE, Eugenio	CB3, CB4, CB5, CB6	P.205, P.212, P.218, P.224
DI BERNARDI, Carlos	IA12, IA13, IA14, IA15, IA16, IA17, IA18, IA19, IA20, IA21	P.91, P.98, P.105, P.113, P.120, P.127, P.136, P.144, P.151, P.157
DIAS, Ricardo	IE5	P. 334
DIAZ, Juan	IE17	P. 412
DIEZ, Bruno	IE7	P. 350
DI GREGORIO, Pablo	IA20, IA21	P. 151, P.157
DI JORGI, Ariel	IA7	P. 59
DI LUCENTE, Fiorella	IH6	P. 461
DIMA, Jimena	IQ3	P. 595
D'IORIO, Juan Ignacio	IA19	P. 144

ECHAPRESTO GARAY, Iban	IA10	P. 78
ECHARRI, Juan M.	IM1, IM2, IM3	P. 468, P. 477, P. 484
ECHARRI, Tomás	IM1	P.468
ECHEVERRIA, Gustavo	CB8	P.235
EISENBERG, Patricia	CB8	P.235
EKKERT, Tatiana	IM4, IM6	P.488, P.501
EZEYZA, José	IH5	P.455
FELOY, Lucas	IM11	P.533
FERNANDEZ, Germán	IH4	P. 449
FERNANDEZ BUSSE, Marcelo	IE15	P.399
FERRARI, Flavio	IE11, IE12, IE13, IE14, IE25	P.374, P.380, P.386, P.393, P.399
FERREYRA José	IE13	P.386
FLEGO, Silvana P.	CB13, CB14	P.266, P.274
FONTANA, Marcos	IA3	P.28
FOURIER, Gisele	IC4	P.301
FRIGOLI , Elisa	IC3	P.294
FUERTES, Laura	IM7, IM8	P.507, P.514
FUSHIMI, Emilia	IE3	P.320
GALARRAGA, Gonzalo	IA2	P.22
GAMARRA, Ariel	IA8	P.66
GARCIA EINSCHLAG, Fernando	IH4	P.449
GARCIA SAINZ, Mariano	IA8, IA10	P.66, P.78
GARCIA, Alejandro	IH4	P.449
GARCIA, Javier	IE17	P.412
GARELLI, Fabricio	IE1, IE2, IE3	P.308, P.314, P.320
GATTI, Florencia	IM4, IM6	P.488, P.501
GAVINO, Sergio	IM7, IM8	P.507, P.514
GIALONARDO, José Ignacio	IE11, IE14	P.380, P.393
GIANNUZZI, Leda	IQ6	P.614
GIMENEZ, Belén	IQ6	P.614
GONZALEZ, Alfredo	IM9, IM10, IM11	P.520, P.527, P.533
GONZALEZ, Mónica	IE11, IE14	P.380, P.393
GRAIVER, Natalia	IQ6	P.614
GRUMEL, Eduardo	CB9	P.241



GUERRA LOPEZ, José	CB7	P.229
GUERRERO BORGES, Verónica	IH6	P.461
GÜIDA, Jorge	CB7	P.229
GUTIERREZ, Ma. Victoria	IC1	P.281
HEIMBIGNER, Nicolás	IH5	P.455
HENRIQUEZ MATTEUS, Javier	IA14, IA15	P.105, P.113
HERNANDEZ, Mauricio	IE10	P.368
HO, Yen Kun	IA5	P.46
HOLLMAN, Yanina	IM15	P.560
ISIDORI, Alberto	IE19	P.424
JACA POZZI, Guadalupe	IH5	P.455
JACOME JACOME, José	IA18	P.136
JAUREGUI LORDA, Matías	IA6	P.52
JIMENEZ BARON, Diego	IA15	P.113
JUAREZ, José M.	IE10	P.368
JUNCIEL, Luis	CB8	P.235
JUSTO, Claudio	CB1	P.193
KANG, Kyung	AP1, IM4, IM5, IM6	P.186, P.488, P.494, P.501
KEEGAN, Sergio	IQ11	P.648
KUNYSZ, Eduardo	IE9	P.363
LACOSTE, Juan	IM9	P.520
LAMARRA, Javier	IQ8	P.627
LARA, Marianela	IM7, IM8	P.507, P.514
LARSEN, Diego	IC3	P.294
LECOT, Carlos Javier	IQ8	P.627
LEMONS BARBOZA, Adriana	IM4, IM5, IM6	P.488, P.494, P.501
LIMANDRI, Silvina	IM5	P.494
LLORENTE, Carlos	IM1, IM2, IM4, IM5, IM6	P.468, P.477, P.488, P.494, P.501
LOBO, Cintia	IQ5	P.608
LOPEZ, Ernesto	IE17	P.412
LOPEZ LA VALLE, Ramón	IE17	P.412
LOPRESTI, Laura	IM7, IM8	P.507, P.514
LORENTE, Hugo	IE10	P.368

LORENZO, Gabriel	IQ7	P.621
LUCINO, Cecilia	IH1, AP1	P.431, P.186
LYONS, Silvina	AP1	P.186
MADDONNI BRITO, Esteban	IA18	P.136
MAFFIA, Ernesto	IM10, IM12	P.527, P.539
MANASSERO, Rodrigo	IA4	P.40
MANTELLI, Pablo	IA11	P.85
MARAÑÓN DI LEO, Julio	IA9, CB12	P.72, P. 259
MARIANI, Néstor Javier	IQ11	P.648
MARIN SILVA, Diego	IQ9	P.633
MARTINEZ, Angel	IM1, IM2	P.648, P.477
MARTINEZ, Osvaldo	IQ11	P.648
MARTINEZ DEL PEZZO, Andrés	IA2	P.22
MASSA, Pablo A.	IE18	P.418
MAYO DIAZ, Mariano	IM12	P.539
MAZANTE, Gustavo	IM13	P.544
MENDOZA ZELIS, Pedro	CB4	P.212
MENGHINI, Matías	IA1	P.15
MESCHINI, Juan	IA7	P.59
MESON, Alejandro	CB11	P.253
MIÑO, Marco	IC4	P.301
MORCELLE del VALLE, Pablo	IE16	P.405
MORI CORTEZ, Noelia	IQ7	P.621
MULE, Ernesto	IC3	P.294
MUSMECI, Maximiliano	IM10	P.527
NADAL MORA, Vicente	IA4	P.40
NASTTA, Hernán	IE5	P.334
NUÑEZ, Natalia	IQ12	P.655
NUÑEZ, Sebastián	IE1	P.308
ORTIGOZA, Gabriela	IH1	P.431
OSIO, Jorge	IE9, IE12	P.363, P.380
PALACIO, Luis	CB14	P.274
PALAVICCINI, Inés	IM3	P.484
PARDO, Cristian	IA18	P.136

PAREDES, Diana	IH6	P.461
PASQUEVICH, Facundo	IA2	P. 22
PAUS, Pablo	IAg2, IAg3	P.172, P.178
PELTZER y BLANCA, Eitel	IE4	P.327
PENDON, Manuela	IP1, IP2	P.569, P.573
PEREZ CALDERON, John	IQ1, IQ2	P.582, P.589
PEZZOTTI, Santiago	IA4, IA21	P.40, P.157
PIECHOCKI, Joaquín	IA4, IA16, IA17	P.40, P.120, P.127
PINOTTI, Adriana	IQ8, IQ9	P.627, P.633
PINTO, Federico	IA12	P.91
PITRELLI, Sergio	IA12, IA21	P.91, P.157
PORRAS, Isidro	IA14	P.105
PUGA, Gerardo	IE17	P.412
PUNTE, Graciela	CB7, CB8	P.229, P.235
QUIJANO, Antonio	IE6	P.344
QUIJANO, Ma. Victoria	IE6	P.344
QUINTEROS, Ignacio	IAg3	P.178
RABAL, Héctor	CB9	P.241
RAMIREZ DIAZ, Gabriel	IA16, IA17	P.120, P.127
RAMOS, Marcelo	CB7	P.229
RAPALLINI, José A.	IE6, IE7, IE9, IE12	P.344, P.350, P.363, P.380
RATTI, Juan Marcelo	IM13	P.544
REALE, Natalia	IA4, IQ10	P.40, P.640
RICCI, Edgardo	IE6, IE7, IE8	P.344, P.350, P.356
RIOJAS ROLDAN, Helio	IC2	P.288
RIVERO, Sandra	IQ8, IQ9	P.627, P.633
ROCCO, Claudio G.	IC1, IC2, IC4	P.281, P.288, P.301
RODRIGUEZ, Matías	IA18	P.136
RODRIGUEZ, Santiago	IE17	P.412
RODRIGUEZ ACEVEDO, Gabriela	IA14, IA15	P.105, P.113
ROMANAZZI, Pablo	IH2	P.437
ROMANO, José	IAg2	P.172
ROMERO, Stefanía	IA14	P.105
RONCAGLIOLO, Pedro Agustín	IE17	P.412

ROSALES, Nicolás	IE3	P.320
ROSENDO, Juan L.	IE2	P.314
ROSSI, Luciano	IH5	P.455
ROSSI GRAD, Sebastián	IE7	P.350
SAGER, Gerardo	IE10	P.368
SALVIOLI, Mónica	IH6	P.461
SANMARCO, Enrique	IE14	P.393
SANTOIANI, Gastón	IA4	P.40
SANTOS, Ma. Victoria	IQ1, IQ2	P.582, P.589
SANZ, Cecilia	CB2	P.199
SARALEGUI, Gustavo	IM1	P.468
SCANDURA, Matías	IA18	P.136
SCARABINO, Ana	IA5, IA6	P.46, P.52
SCARAMUTTI, José	IE5	P.334
SCILLONE, Germán	IE17	P.412
SEDE, Nahuel	IE7	P.350
SEQUEIROS, Cynthia	IE6	P.344
SERRANGELI, Juan	IQ3	P.595
SERRICHIO, Sergio	IM13	P.544
SIRI, Guillermo	IQ12	P.655
SISTI, Jorge	IAg1	P.166
SMIDT, Javier	IE17	P.412
SOTO, Leandro	IAg1	P.166
SOUCASE, Bernabé Marí	IE4	P.327
SPADARI, Germán	IH3	P. 443
SUAREZ, Sergio	IM5	P.494
SZELAGOWSKI, Pablo	IA20	P.151
SZNAJDERMAN, Lucas	IA3, IA19	P.28
TAULAMET, María José	IQ11	P.648
TEBALDI, Myrian	CB10	P.247
TERMINIELLO, Lucas	IE13	P.386
TITTONEL, Marcelo	IP1, IP2	P.569, P.573
TORRES SANCHEZ, Rosa Ma.	CB8	P.235
TORROBA, Patricia L.	CB3, CB4, CB5, CB6	P.205, P.212, P.218, P.224

TORROBA, Roberto	CB10	P.247
TOVIO, Daniel	IM9	P.520
TREJO, Sorayda	CB10	P.247
TREPAT, Juan	IE18	P.418
TRINCAVELLI, Jorge	IM5	P.494
TRIPOLI, Ma. de las Mercedes	CB3	P.205
TRIVI, Marcelo	CB9	P.241
ULLOA, Patricia	IA4	P.40
URANO, Ana	IA13	P.98
VALINOTI, Stefania	IH5	P.455
VARGAS LARREA, José	IE15	P.399
VELEZ ZEA, Alejandro	CB10	P.247
VERA, José	IE12	P.380
VERICAT, Fernando	CB11	P.253
VERONA, Luciano	IA7	P. 59
VILLA, Edgardo Ignacio	IC1, IC2, IC3	P.281, P.288, P.294
VILLAR, Juan Ignacio	IA3, IA7	P.28, P. 59
VITALE, Nicolás	IA20	P.151
VOGET, Claudio	IE1	P.308
VUCETICH, Danilo	IM11	P.533
WILLIAMS, Eduardo	IC3, IP1, IP2	P.294, P.569, P.573
YARZA, Florencia	IQ10	P.640
ZAPPITELLI, María Paula	IC1	P.281
ZARITZKY, Noemí E.	IQ1, IQ2, IQ3, IQ4, IQ5, IQ6, IQ7	P.582, P.589, P.595, P.601, P.608, P.614, P.621
ZUZULICH, José	IM1, IM2	P.468, P.477

## SÍNTESIS DE MICROESFERAS DE QUITOSANO PARA ENCAPSULAR Y LIBERAR FERTILIZANTE

Jimena Dima (1,2), Cynthia Sequeiros (1), Noemi Zaritzky(1,3)

<sup>(1)</sup> Centro para el estudio de Sistemas Marinos (CCT CECIMAR -GENPAT-CONICET). Puerto Madryn, Chubut, Argentina. <sup>(2)</sup> Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA -CONICET- UNLP). Calle 47 y 116 La Plata (1900) Argentina; <sup>(3)</sup> Depto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.  
zaritzkynoemi@gmail.com, jimenaabdima@gmail.com

### RESUMEN

La urea es un fertilizante que constituye una importante fuente de nitrógeno para los cultivos. Sin embargo no es tan estable como otros fertilizantes nitrogenados sólidos y se descompone a temperatura ambiente, en particular en una atmósfera húmeda, liberando amoníaco y dióxido de carbono lo que provoca pérdidas del fertilizante contribuyendo a la contaminación ambiental. En el presente trabajo se sintetizaron microesferas de quitosano (obtenido de los exosqueletos de crustáceos de descartes pesqueros) con el fin de encapsular urea y evaluar la liberación de la misma en contacto con agua durante diferentes períodos de tiempo. Para ello, se preparó una solución de quitosano 1% en ácido acético. Por goteo se adicionó dicha solución, a una solución de: i) TPP/Urea a diferentes concentraciones de la misma (1, 2 y 3%) y ii) NaOH 1% en etanol al 26% con iguales concentraciones de urea. Las esferas sintetizadas con QS-NaOH /urea, resultaron geles mas estables y con mayor rendimiento de encapsulación. Asimismo, en el caso en que se utilizó NaOH para la síntesis de esferas de QS el valor de nitrógeno ureico disminuyó en un 39,5,% en las primeras 6 h, manteniéndose estables durante 48h.

### INTRODUCCION

#### Quitosano y la situación regional

Las ciudades de Puerto Madryn y Rawson de la provincia del Chubut, (Patagonia-Argentina), representan unas de las principales ciudades de desembarcos y procesamiento de crustáceos. En los últimos 6 años las capturas de crustáceos, especialmente langostinos, se vienen incrementando ampliamente (Minagri, 2015) alcanzando solo en los puertos de Madryn y Rawson 70000tn/año en el año 2014-2015; a estas especies deben sumarse la pesca de centolla (menos importante), y los cangrejos industrializados incipientemente por las flotas artesanales de estas ciudades, pero que representan varias toneladas anuales.

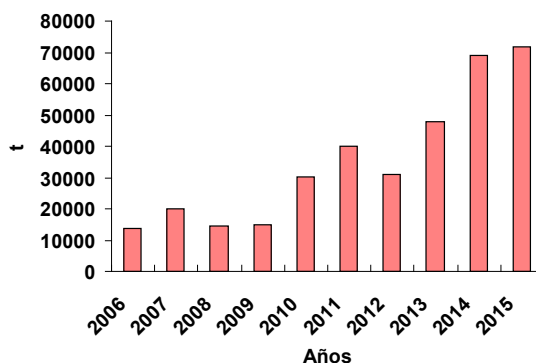


Figura 1. Desembarcos de Langostinos toneladas/año ciudades de Puerto Madryn y Rawson

Durante el procesamiento de estas especies, para la extracción del músculo comestible se generan sólidos de difícil disposición (exosqueletos), característicos de todos los crustáceos. Estos exosqueletos se acumulan actualmente en basurales constituyendo un verdadero contaminante de negativo impacto ambiental para la región. Es así que el problema de la generación de desechos industriales producidos por las industrias pesqueras, han contribuido a incrementar el interés por la búsqueda de opciones de reducción y de aprovechamiento de dichos residuos, adquiriendo mayor relevancia la incorporación de procesos de gestión ambiental. El exoesqueleto residual de la remoción de carne y vísceras, representa entre un 35% y 50% del peso total individuo (Dima, 2013). Sin embargo, estos exoesqueletos tienen una composición rica en componentes de gran importancia como la quitina (segundo polisacárido más abundante después de la celulosa). La quitina contenida en esta biomasa desechable es un componente clave ya que a partir del procesamiento de la misma se obtienen derivados de gran importancia como el quitosano.

El quitosano (QS) es un polisacárido lineal y se prepara por desacetilación de los grupos acetamida de la quitina. Está formado por cadenas de  $\beta$ -(1-4) D-glucosamina (unidades desacetiladas) y N-acetil-D-glucosamina (unidad acetilada). Es un biopolímero de gran interés debido a sus múltiples aplicaciones en las áreas de alimentos, farmacéutica, de tratamiento de aguas, medicina etc. El QS es biocompatible, biodegradable, no tóxico. Su principal diferencia con la quitina es la presencia de grupos amino (-NH<sub>2</sub>) que le confieren un carácter de polielectrolito catiónico natural en medio ácido con importantes implicaciones tecnológicas (Rinaudo, 2006). Debido a estas propiedades únicas, es considerado como un polímero versátil que puede presentarse en diferentes formas, en escamas, polvo, como geles, films, nano/micro partículas, etc. y usarse en numerosas aplicaciones en varios campos como la industria de los alimentos, industria farmacéutica, biotecnología, agricultura, etc.

### **Uso de matrices de quitosano para la liberación controlada de fertilizantes**

El nitrógeno es una de las fuentes de nutrición vegetal más ampliamente utilizadas a nivel mundial, es por ello que el desarrollo de nuevas tecnologías, tiende a buscar formas de mejorar la eficiencia en su utilización. Un cultivo deficiente en nitrógeno no puede hacer un óptimo uso de la luz solar, por lo que se ve afectada la capacidad de aprovechamiento y absorción de nutrientes, limitando su crecimiento y desarrollo adecuado. Un fertilizante sintético que constituye una importante fuente de nitrógeno para los cultivos es la urea (carbonildiamida); es un fertilizante químico de origen orgánico y su estructura química corresponde a una carbamida (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C=O. Entre los fertilizantes sólidos, constituye la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%). El costo de producción de urea es relativamente bajo y es un producto estable y sin riesgos durante su almacenamiento. Por otra parte la urea es muy soluble en agua y es higroscópica; no es tan estable como otros fertilizantes nitrogenados sólidos. Se descompone incluso a temperatura ambiente, en particular en una atmósfera húmeda, liberando amoníaco y dióxido de carbono. Esto provoca pérdidas graves del fertilizante. Cuando la urea se aplica al suelo, rápidamente se hidroliza a amoníaco en una reacción catalizada por la enzima ureasa. Cuanto más rápido se produce la hidrólisis de urea, más alta es la concentración de NH<sub>3</sub> el cual puede perderse en la atmósfera. El NH<sub>3</sub> se convierte parcialmente en amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y ambos pueden provocar daños en las semillas en germinación. Por otro lado, una alta proporción del fertilizante aplicado se pierde contribuyendo a una contaminación ambiental severa, que incluye degradación de los suelos y de las fuentes de agua, eutrofización de los ecosistemas marítimos, aumento de la concentración global del gas de efecto invernadero, así como acidificación de los suelos (Hamid *et al.*, 2013 Aguilar Ráquira, 2014).

Se han investigado a nivel internacional diversas estrategias para la obtención de fertilizantes de nitrógeno estabilizados. En los últimos años, los productos de

liberación controlada de sustancias activas han cobrado especial interés en el campo de los agroquímicos. Hoy en día, la aplicación de estos productos en el área agrícola, se está diversificando, siendo utilizada en fertilizantes, pesticidas, insecticidas, entre otros (Palma *et al.*, 2005, Velásquez, 2008). La liberación controlada permite proporcionar la cantidad de fertilizante correcta, en el lugar adecuado y durante el tiempo conveniente. Además minimiza, y en algunos casos evita que se alcancen concentraciones que pueden resultar tóxicas para las plantas (Palma *et al.*, 2005 Velásquez, 2008). Todo esto va acompañado de una disminución del daño ambiental al evitar altas dosis de los mismos. Los sistemas de liberación controlada utilizando biopolímeros como recubrimiento o en matrices reticuladas, son un importante campo de investigación a nivel internacional debido a que son ambientalmente amigables (Azeem *et al.*, 2014). Las microesferas y microcápsulas de quitosano pueden constituirse en un sistema de liberación controlada adecuado para fertilizantes nitrogenados. El uso de sistemas micro/nanoparticulados permite el transporte de sustancias químicas a lugares específicos de acción, el incremento de su vida media y su liberación controlada en el tiempo. La liberación controlada de sistemas particulados a base de QS depende de la densidad de la matriz polimérica, así mediante la variación de la concentración del mismo y su peso molecular, e incorporando copolímeros y agentes entrecruzantes se pueden obtener sistemas de encapsulación con un perfil de liberación adecuadas para cada caso (Tadros, 2009; Trenkel, 2010). En este sentido, la liberación sostenida en el tiempo de fertilizante, es una de las metas a lograr en la agricultura debido a que ésta puede permitir tomar el control de varios problemas.

El objetivo del presente trabajo es realizar una primera evaluación de la eficiencia de las matrices de quitosano en la encapsulación de urea

## METODOLOGÍA

**Obtención de quitosano:** El mismo se sintetizó a partir de descartes de exosqueletos de langostinos según Dima y col, 2015. Para la obtención de quitina los exosqueletos molidos fueron despigmentados, descalcificados y desproteinizados. Para la obtención de quitosano la quitina fue desacetilada con NaOH al 50% a 120°C. Asimismo se caracterizó según su grado de desacetilación (método potenciométrico y espectroscopía infrarroja (FTIR) y el peso molecular por viscosimetría capilar según la ecuación de Mark-Houwink.

### Síntesis de Microesferas de quitosano (QS)

**Sistema A que utiliza urea disuelta en QS:** Se preparó una solución de quitosano al 1% en ácido acético (pH= 4,3), a la cual se le agregaron diferentes concentraciones de urea (1; 1,5 y 2%). Por medio de una jeringa, se agregó gota a gota la solución de QS/urea a una solución de: **i)** TPP (1%) o **ii)** NaOH-etanol (1N).

**Sistema B que utiliza urea en solución:** Se preparó una solución de quitosano 1% en ácido acético (pH = 4,3) sin agregado de urea. Por medio de una jeringa se adicionó dicha solución, gota a gota, a una solución de: **I)** TPP/Urea a diferentes concentraciones de la misma (1, 2 y 3%) y **II)** NaOH 1% en etanol al 26% con iguales concentraciones de urea. En todos los casos se agregaron 2 ml de la solución conteniendo QS a 20 ml de solución receptora, bajo agitación suave a temperatura ambiente. Al entrar en contacto el QS con la solución se formaron microesferas. Éstas se filtraron, enjuagaron con agua destilada y se liofilizaron (Fig 2).

En ambos sistemas se sintetizaron esferas que no contenían urea las cuales se consideraron como controles. La concentración de nitrógeno en las microesferas se determinó utilizando un analizador elemental de C y N (CHN628 Series Elemental Analysis LECO). La concentración de urea encapsulada en las microesferas se



expresó como gramos de Urea por g de QS (gU/gQS). Asimismo, se realizaron observaciones por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

**Estudios de liberación de Urea en el tiempo:** Una vez liofilizadas las cápsulas y cuantificado el valor inicial de urea, se realizó un estudio de liberación de la misma en agua a lo largo del tiempo. Para ambos métodos de síntesis, las microesferas liofilizadas se colocaron en 20 ml de agua destilada. A diferentes tiempos de contacto (3, 6, 12, 24, 48 y 72h) las esferas se recolectaron, se midieron sus tamaño (grado de hinchamiento) y contenido de Nitrógeno (Fig 2).



Figura 2 a) Microesferas de QS en TPP, b) Microesferas de QS-TPP liofilizadas, c) Microesferas de QS-TPP liofilizadas y rehidratadas 6 h en agua

## RESULTADOS

### Obtención y caracterización de Quitina y Quitosano

La quitina extraída de exoesqueletos de langostinos triturados, descarbonatados y desproteinizados resultó del 22.8%. El quitosano obtenido luego de la desacetilación fue de un 78.8% de la quitina inicial; los valores de rendimiento pueden variar según la época del año, estado de la materia prima, especie, tamaño, entre otras variables características de los exoesqueletos de crustáceos. El peso molecular era de  $1.46 \times 10^5$  Da y el grado de desacetilación mayor al 88% (Dima y col, 2015).

### Efectividad de las Microesferas de quitosano para la encapsulación de urea:

En el Sistema A en el cual se utilizó urea disuelta en quitosano, la mejor eficiencia de encapsulación se observó para las esferas de QS/urea al 2% en solución de NaOH, con un valor de 0,051g U/gQS.

Para el Sistema B (I y II) en el que la urea no se hallaba disuelta en la solución de QS se observó que la eficiencia de encapsulación se incrementó con el aumento de la concentración de urea en la solución. La misma fue más alta que en el sistema A, y varió de 0,10 a 0,30 gU/gQS para la matriz de QS-TPP/urea (I) y de 0,29 a 0,82 gU/gQS para la matriz de QS-NaOH/urea (II) cuando se usaron concentraciones de urea entre 1 y 3% (Fig 3).

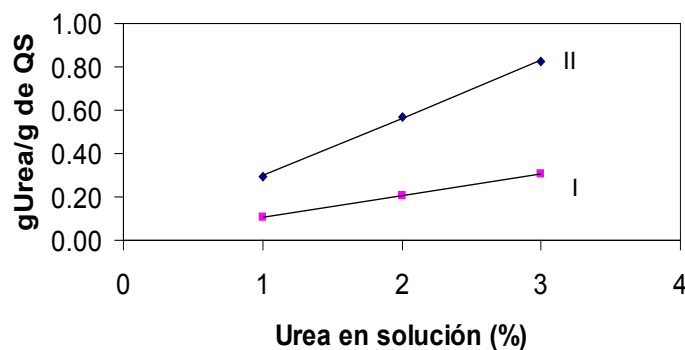


Figura 3. Encapsulación de urea en quitosano (gUrea/g de QS) en función de la concentración de urea inicial en la solución receptora: Sistema B (I) QS-TPP/urea y Sistema B (II) QS -NaOH/Urea.

En todos los casos el diámetro de la esfera formada fue de 2 mm. Una vez liofilizadas, las microesferas disminuyeron su tamaño en un 72%. Las esferas formadas con TPP (Sistema B (I)) resultaron menos estables, menos homogéneas y de fácil rotura. La menor eficiencia de encapsulación de nitrógeno en la matriz con TPP podría deberse a una competencia entre el TPP (con carga negativa) y la urea por los grupos positivos del QS.

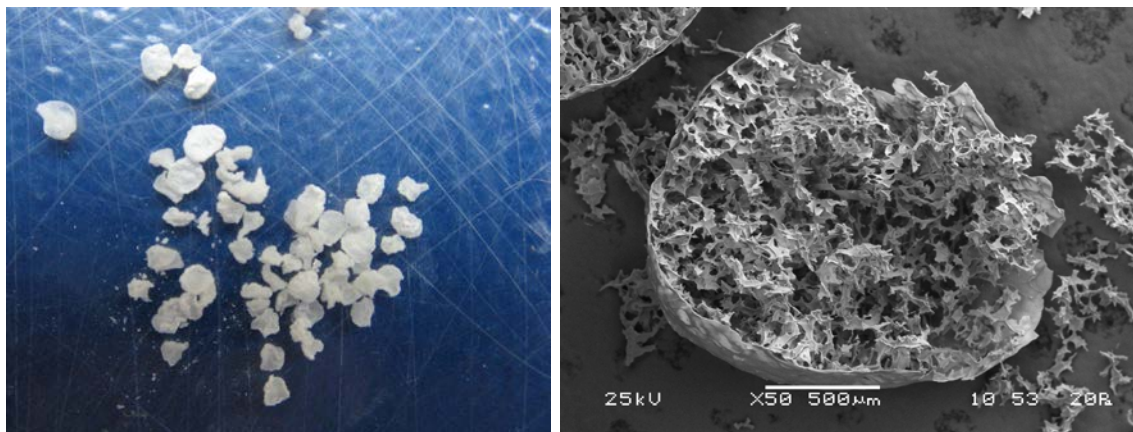


Figura 4. Sistema B (I): A) Microesferas de TPP liofilizadas. B) Micrografía SEM de la parte interna de las microesferas de QS en TPP.

#### Liberación de urea en agua

El sistema B con mayor eficiencia de encapsulación fue seleccionado para realizar el ensayo de liberación de nitrógeno a partir de urea. En el caso en que se utilizaron microesferas sintetizadas por medio de QS-TPP/urea (sistema B (I)), el valor de nitrógeno ureico disminuyó en un 55,6% (con respecto al valor inicial) en las primeras 6h y un 75% a las 48h de contacto con el agua. En el caso en que se utilizó el sistema B (II), QS-NaOH/urea, el valor de nitrógeno ureico disminuyó en un 39,5% en las primeras 6 h, manteniéndose estables durante 48h (Fig 5), lo cual puede atribuirse a la mayor estabilidad de los geles.

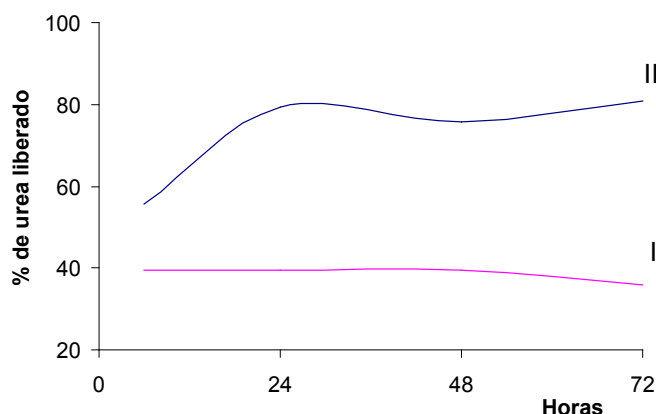


Figura 5. Porcentaje de urea liberada en agua en función del tiempo en los sistemas: Sistema B (I) QS/ Urea-TPP y Sistema B (II) QS/Urea-NaOH

## CONCLUSIONES

El sistema A (urea disuelta en quitosano) resultó en una muy baja eficiencia de encapsulación. Esta eficiencia se incrementó cuando se disolvió la urea en la solución receptora (TPP o NaOH) correspondientes a los sistemas B (I) y (II), respectivamente. Si bien, el quitosano resultó efectivo en la encapsulación de urea, la eficiencia varió considerablemente según la concentración inicial del material nitrogenado y las combinaciones y soluciones elegidas para la síntesis de las microesferas, obteniéndose geles de variada estabilidad.

El presente trabajo, aporta un estudio preliminar del uso del QS en la elaboración de matrices de liberación controlada de urea. Un estudio profundo de estas temáticas permitirá por un lado realizar aportes en el área de la obtención de productos en base a quitosano a partir de materiales actualmente descartados por las industrias pesqueras, y por otro, contribuir al desarrollo de tecnologías ligadas a la protección del medio ambiente, en este caso a la mejora de los suelos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Ráquira, I. (2014). Preparación y evaluación en suelo de fertilizantes de liberación controlada cubiertos con polímeros biodegradables. Tesis Magíster en Ciencias Químicas Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Química Bogotá D.C., Colombia
- Azeem, B., KuShaari, K., Man, Z. B., Basit, A., & Thanh, T. H. (2014). Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *Journal of Controlled Release*, 181, 11-21.
- Dima, Jimena, Sequeiros C, Zaritzky N, (2015). Hexavalent chromium removal in contaminated water using reticulated chitosan micro/ nanoparticles from seafood processing wastes *Chemosphere* 141, 100 - 111
- Dima, J.B. (2013). Tesis Doctoral. "Procesamiento integral de las especies patagónicas de cangrejos marinos de valor comercial *Ovalipes trimaculatus* y *Platyxanthus patagonicus*".
- Hamid, N. N. A., Mohamad, N., Hing, L. Y., Dimin, M. F., Azam, M. A., Hassan, M. H. C., & Ahmad, A. S. (2013). The effect of chitosan content to physical and degradation properties of biodegradable urea fertilizer. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 2(5), 893-902.
- Ministerio de Agroindustrias de la Nación (Minagri, 2015). [www.minagri.gob.ar](http://www.minagri.gob.ar) / [www.agroindustria.gob.ar](http://www.agroindustria.gob.ar)
- Palma, G., Casals, P., & Cardenas, G. (2005). Synthesis and characterization of new chitosan-O-ethyl phosphonate. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 50(4), 719-724.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 31(7), 603-632.
- Tadros, T.F. (2009) Controlled-release Formulations. En: Colloids in Agrochemicals, Colloids and Interface Science Series: Vol. 5, WILEY-VCH. Chapter 12, pp. 235-245.
- Trenkel, M.E. (2010) Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris, France
- Velásquez, C.L. (2008) Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista UDO Agrícola*, 8(1), 1-22.