



ISBN 978-607-7807-07-0

© UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental

Facultad de Química

04510 México D.F.

ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C.

Libro Final del DÉCIMO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA sobre INGENIERÍA VERDE Y SUS APLICACIONES A LA GESTIÓN DEL AGUA (CALIDAD Y DISPONIBILIDAD) en Honor del Dr. Peter Kuschik y el Dr. Hanns Sylvester /

Final Book of the TENTH INTERNATIONAL ALUMNI and ALUMNAE SEMINAR on GREEN ENGINEERING AND APPLICATIONS TO WATER MANAGEMENT (QUALITY AND AVAILABILITY) in Honor of Dr. Peter Kuschik and Dr. Hanns Sylvester

Responsables globales / Global Responsible Persons:

Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa

Prof. Dr. Amado Enrique Navarro-Frómata

Responsables de la publicación (orden alfabético)/ Publication responsible people (alphabetical order):

Dra. Marisela Bernal-González

Dra.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa

M. en C. Rolando Salvador García-Gómez

Dr. Amado Enrique Navarro-Frómata

M. en A.I. Landy Irene Ramírez-Burgos

Correos electrónicos / e-mail:

marisela_bernal2000@yahoo.com.mx, mcduran@unam.mx, rolandoga2000_a@yahoo.com,

navarro4899@gmail.com, landy_irb@yahoo.com.mx

Ciudad de México, México / Mexico City, Mexico

Español-English / Spanish-Ingles

La presentación y contenido de los trabajos presentados son responsabilidad de los autores /

Presentation and contents of presented papers are the sole responsibility of authors

Esta publicación utiliza el punto decimal / This publication uses the decimal point



PREFACIO A LA PRIMERA EDICIÓN

Esta obra está basada en las contribuciones de los moderadores y conferencistas de las cuatro Mesas Redondas que conformaron la actividad de este Décimo Seminario Internacional sobre “Ingeniería verde” y sus Aplicaciones a la Gestión del Agua (Calidad y Disponibilidad) en Honor del Dr. Peter Kuschik y del Dr. Hanns Sylvester, enmarcadas las cuatro mesas con una conferencia magistral inicial y una final, que dieron la pauta para la discusión general y enriquecieron las propuestas constructivas de los participantes.

Esperamos que los lectores disfruten, tanto la parte técnico-científica como el acercamiento holístico de estas investigaciones, cuya meta última es brindar a los responsables, quienes en su desempeño profesional llevan a cabo actividades de ingeniería y tecnología de manera inteligente para afectar menos al entorno, como se ha hecho desde hace milenios y como se sigue haciendo actualmente en prácticamente todo el Planeta Tierra. El personal académico de los Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, todos ellos de la Universidad Nacional Autónoma de México, con el apoyo de las Redes: Red Temática de Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua, para Análisis de la Calidad Ambiental en México, A.C., así como la Red Internacional en Ciencias Ambientales, A.C. y la RACAM, de las Academias y entidades académicas frateras y de ex-becarios, *Alumni* y *Alumnae*, del Servicio Alemán de Intercambio Académico, DAAD, han deseado siempre transmitir el conocimiento generado por sus

FOREWORD TO FIRST EDITION

This book is based on the contributions of the chair persons and speakers of the four Round Tables that were the core of this Tenth International Seminar on “Green Engineering” and Applications to Water Management (Quality and Availability) in Honor of Dr. Peter Kuschik and Dr. Hanns Sylvester, framed with an opening and a closing key note conferences that gave the overall focus for the general discussion of the four round tables and were enriched by the constructive comments of the participants.

We hope the readers enjoy the techno-scientific part as well as the holistic approach of this research, that has as the ultimate goal to give the responsible professional people in charge of engineering and technological activities, an option to use them in an intelligent manner, with minimum affectation to the environment, avoiding the traditional ways done during millennia along the whole Planet Earth. The academic personnel of the Laboratories for Environmental Chemical Engineering and Chemistry, all of them belonging to the National Autonomous University of Mexico, with the support of the Networks: Red Temática de Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua, para Análisis de la Calidad Ambiental en México, A.C., as well as Red Internacional en Ciencias Ambientales, A.C., and RACAM, the Academies, and the fraternal academic entities, and the German Academic Exchange Service, DAAD, Alumni and Alumnae, wishes to transmit the knowledge



colegas y sus pares de otras instituciones, así como por sus graduados de maestría y de doctorado, así como el realizado por pares y colegas de otras instituciones, hacia el público interesado en actualizar y mantener sus conocimientos en campos científicos que tienen una aplicación directa al mejoramiento de la calidad de vida, no solamente de la raza humana sino de todas las especies que conviven con nosotros y que nos dan un ambiente pleno. Esperamos contar con la retroalimentación de nuestros lectores, ya que esta interacción permite enriquecer el conocimiento. Actualmente que las comunicaciones humanas avanzan vertiginosamente, el contacto con otras personas se da ya no solamente por los métodos tradicionales como éste, un libro, sino por medio de las redes internacionales (“internet”, por su nombre en inglés), a través de las cuales podemos interactuar con personas en cualquier sitio del planeta. En la página legal están los datos de esta edición y nuestros correos electrónicos para establecer esta comunicación. Esta edición se hizo conjuntamente entre los LIQAYQA de la UNAM y la Red Temática del CONACYT de Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua.

¡Buen viaje al mundo de la ingeniería verde y sus aplicaciones en la calidad y disponibilidad del agua, en nuestra industria química y de proceso, en nuestra sociedad y, particularmente, para mejorar y mantener nuestro entorno, especialmente el agua!

generated by the graduate students (master's and doctor's) during their research activities, as well as those generated by researchers and peers from other institutions, to the interested people that are willing to maintain and actualize their scientific treasured learnings with direct application to the well being not only of humans but also of all the species that share with us the whole habitat and give us a healthy environment. We also hope to receive the retrofeeding from our readers since this interaction will mutually enrich knowledge. Presently, when human communications advance at vertiginous speed, the contact with other persons is given, not only using traditional methods such as this book but using modern technological approaches such as internet, through which people from all over the world can interact among them. Within the so-called legal page, the second one, the electronic mails of the publication responsible colleagues are available for establishing these interactions. This edition was jointly made between the UNAM's LECEC and the Red Temática del CONACYT de Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua.

Bon voyage to the world of the green engineering and its applications to quality and availability of water, to our process industry, to our society and, particularly, to improve and maintain our environment, particularly water!

Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa, DAAD Alumna, CTA-Red Responsable del Décimo Seminario Internacional sobre “Ingeniería verde” y sus Aplicaciones a la Gestión (Calidad y Disponibilidad) del Agua en Honor del Dr. Peter Kuschik y del Dr. Hanns Sylvester / Responsible person of the Tenth International Seminar on “Green Engineering” and its Applications to Water Management (Quality and Availability) in Honor of Dr. Peter Kuschik and Dr. Hanns Sylvester



Index	Índice	Pág./Page
Foreword to first edition	Prefacio a la primera edición	3
Acknowledgments	Agradecimientos	7
Program of the Seminar	Programa del Seminario	9
Green Engineering	Ingeniería Verde	
Map	Mapa	13
The twelve principles of green engineering	Los doce principios de la ingeniería verde	15
Final Report	Informe Final	17
Index of Presentations (pdf files)	Índice de presentaciones (archivos en formato pdf)	25
Attendants Lists	Listas de participantes	29
In Memoriam to Dr. Peter Kuschik and Dr. Hanns Sylvester	A la memoria del Dr. Peter Kuschik y del Dr. Hanns Sylvester	33
Mrs. Prof. Dr.-Ing. / Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa	Homenaje a los Dres. Hanns Sylvester y Peter Kuschik o la importancia de la difusión de los hitos en la investigación en la industria, la academia y la sociedad	35
Prof. Dr. Gabriel Echávez-Aldape	Nuevos riesgos hidráulicos, los mayas	77
New Hydraulic Risks, the Mayans		
C.I.G. Cedillo-Hernández, K. Mendivil-García, P.M. Uriarte-Aceves, L.E. Amábilis-Sosa	Impacto de la actividad agrícola sobre la calidad del agua superficial en la región hidrológica 10 (RH10) de México	85
Impact of agricultural activities on surface water quality in the Hydrological Region 10 (RH10) of Mexico		



<i>Index</i>	<i>Índice</i>	<i>Pág./Page</i>
Mata-Márquez Jesús Arturo, Albiter Elim, Barrera-Andrade José Manuel, Valenzuela Miguel Ángel <i>Degradation of CN^- and $Au(CN)_2^-$ using a photocatalytic process</i>	Degradación de CN^- y $Au(CN)_2^-$ empleando fotocatalisis	99
Dr. Otoniel Carranza-Díaz, Flavio Sánchez-Rodríguez, José Guillermo Galindo-Reyes <i>Energy and nitrogen removal in mixed cultures of shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>), tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) and macroalgae (<i>Gracilaria vermiculophylla</i>)</i>	Energía y remoción de nitrógeno en cultivos mixtos de camarones (<i>Litopenaeus vannamei</i>), tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) y macroalga (<i>Gracilaria vermiculophylla</i>)	105
Rodrigo Cuéllar-Briseño, Andrei Moamet Castillo-Garduño, Luis Eduardo Galicia-Alvarado, Gabriela Quiahua-Salvador, Marisela Bernal-González, María-del-Carmen Durán-Domínguez, Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda <i>Mining in Mexico: Contributions from academia</i>	La minería en México: Aportaciones de la academia	111
E. Rodríguez-Bustamante, R. Arreguín-Espinosa, C.A. López-González, N.E. Lara-Díaz <i>Application of Geographic Information Systems (GIS) in the Conservation of Wildlife</i>	Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la conservación de fauna silvestre	123
Gerardo Reyes-Guzmán <i>Fungus Ug99 (<i>Puccinia graminis</i>), a global threat for wheat cultivars</i>	El hongo Ug99 (<i>Puccinia graminis</i>), una amenaza mundial a los cultivos de trigo	131
Photographs gallery	Galería de fotografías	147
ISBN	ISBN	175



AGRADECIMIENTOS

La organizadora y sus colaboradores desean reconocer al DAAD por el apoyo financiero para realizar los primeros siete Seminarios Internacionales sobre “Ingeniería verde” que, a partir de 2015, son en Honor del Dr. Peter Kusch[†] del Centro Helmholtz UfZ Leipzig y este décimo y último en Honor también al Dr. Hanns Sylvester quien los estableció en México con fondos del Ministerio Federal para la Cooperación Económica y el Desarrollo de la República Federal de Alemania.

También agradecen a la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de varias de sus dependencias académicas, por el apoyo en infraestructura y servicios y, en especial, a la Facultad de Química que celebró el centenario de su fundación en 2016.

Para este Seminario se reconocen el valioso apoyo académico y logístico de la Red

ACKNOWLEDGMENTS

The Organizer and her coworkers wish to acknowledge DAAD for the financial support to conduct the first seven International Seminars on “Green Engineering” that, after 2015, are in Honor of Dr. Peter Kusch[†] from the Helmholtz Center UfZ Leipzig and this Tenth and last Seminar in Honor of Dr. Hanns Sylvester. Whp established them in Mexico with funds of the Federal Ministry for Economic Cooperation and Development from the German Federal Republic.

To the National Autonomous University of Mexico, that through some of its academic bodies, supported this event with its infrastructure and services, and particularly, to the Facultad de Química that celebrated its foundation 100th anniversary in 2016.

For this Seminar the valuable academic and logistic support of the Theme Network of the



Temática del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua y, especialmente, el empuje de su Secretario Ejecutivo.

Finalmente, reconocen el altruista y generoso apoyo del personal académico y administrativo de los Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la UNAM, que hizo posible la realización de este evento.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Mexico) on *Management of the Quality and Availability of Water is recognized, and especially, its Executive Secretary support.*

To the academic and administrative personnel of the Laboratories for Environmental Chemical Engineering and Chemistry of the Department of Chemical Engineering of the Faculty of Chemistry, UNAM, that with their generous and altruistic support made possible the realization of this event.



**TENTH INTERNATIONAL DAAD ALUMNI-ALUMNAE SEMINAR ON GREEN
ENGINEERING AND APPLICATIONS TO WATER MANAGEMENT (QUALITY
AND AVAILABILITY)**

IN HONOR OF DR. PETER KUSCHK AND DR. HANNS SYLVESTER

**DÉCIMO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DEL DAAD DE
ALEMANIA SOBRE INGENIERÍA VERDE Y SU APLICACIÓN A LA
GESTIÓN DEL AGUA (CALIDAD Y DISPONIBILIDAD)
EN HONOR AL DR. PETER KUSCHK**

PROGRAM / PROGRAMA

Friday June 07, 2019 / Viernes 07 de junio de 2019. UNAM-FQ Auditorium E / Auditorio E*

08:00-08:30 *Registration / Inscripción*

08:30-09:00 *Opening ceremony / Ceremonia de Inauguración*

Official welcome from Mr. Alejandro Cadena, on behalf of Ms. Dr. Katharina Fleckenstein, DAAD Office Director / Bienvenida oficial del Sr. Alejandro Cadena, en representación de la Dra. Katharina Fleckenstein, Directora de la Oficina del DAAD en México

Official opening statement from the Universidad Nacional Autónoma de México Faculty of Chemistry as host institution authorities, Prof. Dr. Carlos Amador-Bedolla, Director, represented by Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda / Declaratoria inaugural por el representante de las autoridades de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México como institución anfitriona, Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, ex-Director, en representación del Prof. Dr. Carlos Amador-Bedolla

09:00-09:45 *Opening conference: / Conferencia inaugural. Homage to Drs. Hanns Sylvester and Peter Kuschk or the importance of dissemination of research trends in the industry, academia, and society / Homenaje a los Dres. Hanns Sylvester y Peter Kuschk o la importancia de la difusión de los hitos en la investigación en la industria, la academia y la sociedad. Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa,*



Coordinator of the KAS-Green Seminars 2010-2019 / Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Responsible Coordinator of these ten Small International Seminars on Green Engineering 2010-2019 / Coordinadora Responsable de estos diez Pequeños Seminarios Internacionales sobre Ingeniería Verde 2010-2019, DAAD Alumna

- 09:45-10:00 *Questions and answers session / Sesión de preguntas y respuestas*
- 10:00-11:00 *Coffee break / Receso para café*
- 11:00-12:30 *First Round Table of Experts: Goal 6¹, Clean water and sanitation / Primera mesa redonda de expertos: / Agua limpia y saneamiento (objetivo 6)¹. Moderator / Moderador: Dipl.-Ing. José Manuel Huerta-Fernández, Presidente de la Sociedad de Ex-Becarios del DAAD en México (SEMEXDAAD)*
- 11:00-11:25 *Dr. Camiel Janssen, Designer solvents for the removal of metals from water / Ingeniería de solventes para la remoción de metales desde fases acuosas. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Académico invitado*
- 11:25-11:50 *Dr. Gabriel Echávez Aldape, New Hydraulic Risks, the Mayans / Nuevos Riesgos Hidráulicos, los Mayas. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, DAAD Alumnus*
- 11:50-12:15 *Leonel Amábilis Sosa, Impact of agricultural activity on the quality of surface water in Hydrological Region 10 (RH10) of Mexico / Impacto de la actividad agrícola sobre la calidad del agua superficial en la región hidrológica 10 (RH10) de México. Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México. Invited scholar / Académico invitado*
- 12:15-12:30 *Questions and answers session / Sesión de preguntas y respuestas*
- 12:30-14:00 *Second Round Table of Experts: Goal 7, Affordable and clean energy / Segunda mesa redonda de expertos: Energía asequible y no contaminante (objetivo 7). Moderator / Moderador: Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, Facultad de Química, Alexander von Humboldt Stiftung Scholar*
- 12:30-12:55 *Dr. Antonio Esteban Jiménez González, Recent advancements on third generation solar cells / Avances recientes en celdas solares de tercera generación. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Energías Renovables, Temixco, Morelos, México. DAAD Alumnus*
- 12:55-13:20 *Dr. José Manuel Barrera Andrade, Degradation of CN^- y $Au(CN)_2^-$ using photocatalytic process / Degradación de CN^- y $Au(CN)_2^-$ empleando fotocátalisis. Instituto*

¹ UNO 17 Objectives of Sustainable Development in 2030 Agenda (Four Round Tables) / ONU 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030 sobre Desarrollo Sostenible (Cuatro Mesas Redondas)



Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, *Invited scholar* / Académico invitado

- 13:20-13:45 Dr. Otoniel Carranza Díaz, *Energía y remoción de nitrógeno en cultivos mixtos de camarones (*Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis sp.*) y macroalga (*Gracilaria vermiculophylla*)* / *Energy and nitrogen removal in mixed cultures of shrimp (*Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis sp.*) and macroalgae (*Gracilaria vermiculophylla*)*. Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, Sinaloa, México. *DAAD Alumnus (Video-Conference)*
- 13:45-14:00 *Questions and answers session* / Sesión de preguntas y respuestas
- 14:00-15:00 *Brunch break* / Tiempo para el almuerzo
- 15:00-16:30 *Third Round Table of Experts: Goal 9, Industry, innovation, and infrastructure* / Tercera mesa redonda de expertos: *Industria, innovación e infraestructura (objetivo 9)*. *Moderator / Moderadora: Dra. Julieta Rojo-Medina. DAAD Alumna*
- 15:00-15:25 Ing. Manuel Enriquez Poy, *Productive chains and fight against environmental pollution* / Cadenas productivas y combate a la contaminación ambiental. *General Director of Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio y Central Motzorongo) and President of the National Committee for Normalization of the Sugarcane and Ethyl Alcohol Industries* / Director General del Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio y Central Motzorongo) y Presidente Nacional del Comité de Normalización de las Industrias Azucarera y Alcoholera
- 15:25-15:50 Dra. Marisela Bernal González, *La minería en México y su relación con el ambiente* / *Mining processes in Mexico and its relationship with the environment*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, *Invited scholar* / Académico invitado
- 15:50-16:15 Dr. José Eduardo Rodríguez-Bustamante. *Application of geographic information systems (GIS) in the conservation of wildlife* / Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en la conservación de fauna silvestre. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Química, UNAM. *DAAD Alumnus*
- 16:15-16:30 *Questions and answers session* / Sesión de preguntas y respuestas
- 16:30-18:00 *Fourth Round Table of Experts: Goal 11, Sustainable cities and communities* / Cuarta mesa redonda de expertos: Ciudades y comunidades sostenibles (objetivo 11). *Moderator / Moderador: Prof. M. en C. Constantino Gutiérrez-Palacios, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, DAAD Alumnus*
- 16:30-16:55 Dr. Hermilo Salas-Espindola, *Sustainable cities: Is Mexico City within these trends* / Ciudades sostenibles y sustentables: ¿Está la Ciudad de México dentro de estas



tendencias? Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, *Invited scholar* / Académico invitado

16:55-17:20 Dr. Gerardo Reyes-Guzmán, *Food safety: The fungus Ug99 (Puccinia graminis), a global threat to wheat crops* / Seguridad alimentaria: El hongo Ug99 (*Puccinia graminis*), una amenaza mundial para los cultivos de trigo. Universidad De la Salle Bajío, Campus Salamanca, México, *DAAD Alumnus*

17:20-17:45 Dr. Fernando Flores-Guzmán, *Water pollution as an inducing factor for cancer and diabetes* / La contaminación en el agua como factor inductor de cáncer y diabetes. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, *DAAD Alumnus*

17:45-18:00 *Questions and answers session* / Sesión de preguntas y respuestas

18:00-18:45 *Closing conference* / Conferencia de clausura. *Some insights about wastewater treatment in Mexico*/Algunas apreciaciones sobre el tratamiento de aguas residuales en México, Dr. Amado Enrique Navarro Frómata, Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla, México. *Invited scholar and Executive Secretary of the Technical Academic Committee of the Conacyt Theme Network Management of Quality and Availability of Water* / Académico invitado y Secretario Ejecutivo del Comité Técnico Académico de la Red Temática del Conacyt Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua

18:45-19:00 *Questions and answers session* / Sesión de preguntas y respuestas

19:00-19:30 *Official closing statement from Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, representing the UNAM Faculty of Chemistry, host institution, accompanied of the Coordinator of the ten small academic seminars on Green Engineering, Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazua* / Declaratoria oficial de clausura por el Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda en representación de las autoridades de la Facultad de Química como institución anfitriona, acompañado de la Coordinadora de los diez pequeños seminarios académicos sobre Ingeniería Verde, la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa

19:30-20:00 *Refreshments and non alcoholic drinks* / Refrigerios y refrescos

*Facultad de Química. Circuito de la Investigación Científica s/n. Entrada Estacionamiento frente Metro Universidad. Ciudad Universitaria / *Faculty of Chemistry. Circuito de la Investigación Científica. Access to parking in front of Metro End Station. University City*



Access to the parking spaces of the Buildings D and E of the Faculty of Chemistry and the University Programs: Upon arrival to the access barrier, in the left side there is a post with two ring buttons. Please push the labeled Facultad de Química and request the motorvehicle access informing that are attending the V International Seminar of DAAD Alumni "Green Engineering". Complex E is located on the left side of the parking space and the Auditorium is located in the ground level of the E-2 Building "Ingeniería Química" (Chemical Engineering). In the pedestrians access control to the Complex E it is not necessary to leave any identification. You just inform you are attending the Seminar

Acceso a los estacionamientos de los Edificios D y E de la Facultad de Química y de los Programas Universitarios: Al llegar a la "pluma" de acceso tocar el timbre de la Facultad de Química y solicitar el acceso motorizado informando que vienen al V Seminario Internacional de Alumni del DAAD "Ingeniería Verde". El Conjunto E está del lado izquierdo del acceso al estacionamiento y el Auditorio está en la planta baja del Edificio E-2 "Ingeniería Química". En la caseta de acceso peatonal al Conjunto E no requieren dejar identificación sino solamente informar que vienen al Seminario



Página en blanco / *Intentionally blank page*



THE TWELVE PRINCIPLES OF GREEN ENGINEERING²

Green Engineering is an approach to engineering, design, and production based upon sustainability, minimum environmental impact and favorable economic and social aspects. Green engineering may be conducted within a framework of 12 principles:

1. *Inherent sustainability and reduction of hazard.*
2. *Prevention more than treatment and/or remediation.*
3. *Easy separation.*
4. *Maximization of the efficiency in the utilization of materials, energy, space, and time. This aspect of green engineering means that operations are performed with minimum consumption of materials and energy as rapidly as possible and*

LOS DOCE PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA VERDE²

La ingeniería verde es un acercamiento a la ingeniería, el diseño y la producción basado en la sustentabilidad, el impacto mínimo al ambiente y los aspectos sociales y económicos que sean más favorables. La ingeniería verde puede conducirse dentro del marco de 12 principios:

1. **Sustentabilidad inherente y reducción de la peligrosidad.**
2. **Prevención más que tratamiento y/o remediación.**
3. **Separación sencilla.**
4. **Maximización de la eficiencia en el uso de los materiales, la energía, el espacio y el tiempo. Este aspecto de la ingeniería verde significa que las operaciones se realicen con el mínimo consumo de materiales y energía tan rápido como sea posible y en el menor espacio posible.**

² Introducción a la química ambiental. Stanley E. Manahan. Original classroom notes (1997) that derived into the book (2007). Coedición UNAM-Editorial Reverté. México D.F. y Barcelona



in as little space as possible.

5. *Driving processes by pulling output: Using Le Châtelier's principle to drive a process by removing product rather than adding reactant. "Just-in-time" manufacturing in which product is made as needed by the consumer is an example of output-pushed processing.*
6. *Conservation of complexity.*
7. *Durability, but not immortality.*
8. *Meet the need without excess and avoid overdesign.*
9. *Use of fewer kinds of materials.*
10. *Utilization of available energy and materials.*
11. *Design for later use.*
12. *Maximization of the use of energy and renewable materials rather than depleting resources.*

GOAL:

Applications from GREEN ENGINEERING to Mexico and other countries of the region to improve quality of life in an overall basis without affecting sustainability

PRODUCT IN THE LONG TERM:

BOOK

5. **Uso de la fuerza motriz generada por la remoción de los productos: Uso del principio de Le Châtelier para dirigir un proceso sacando productos más que agregando reactivos. Producción "justo-a-tiempo" en la que el producto se manufactura cuando lo necesita el consumidor es un ejemplo de esto.**
6. **Conservación de la complejidad.**
7. **Durabilidad pero no inmortalidad.**
8. **Cumplimiento de las necesidades evitando sobre-diseños.**
9. **Uso de menos tipos de materiales.**
10. **Utilización de la energía y de los materiales disponibles.**
11. **Diseño para uso posterior.**
12. **Maximización del uso de energía y materiales renovables más que el uso de recursos no renovables.**

META:

Aplicaciones de la INGENIERÍA VERDE a México y otros países de la región para mejorar la calidad de vida de manera holística sin afectar la sustentabilidad

PRODUCTO EN EL LARGO PLAZO:

LIBRO



TENTH INTERNATIONAL ALUMNI and ALUMNAE SEMINAR /

GREEN ENGINEERING

IN HONOR OF DR. PETER KUSCHK AND DR. HANNS SYLVESTER

DÉCIMO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA

INGENIERÍA VERDE

EN HONOR DEL DR. PETER KUSCHK Y DEL DR. HANNS SYLVESTER

Junio / June 07, 2019

FINAL REPORT

The German Academic Exchange Service, DAAD (in German), has granted financial and logistic support to organize Alumni and Alumnae events in important subjects to promote the interaction of the academic and industrial world with the society. For this seminar, that is in its tenth and last edition, this year not financial support was granted due to monetary problems in Bonn.

With the active participation of 16 Alumni and Alumnae, and 25 especially invited people, as well as networks participants, some doctorate, masters, and professional students, etc., totaling 53 registered attendants, the opening ceremony was presided by Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Academic Responsible Coordinator of the ten Green Engineering Seminars, by Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa Rueda, former Director of the UNAM Faculty of Chemistry, representing the Director of the host institution, Prof. Dr. Carlos Amador-Bedolla,

INFORME FINAL

El Servicio Alemán de Intercambio Académico, DAAD (en alemán), ha apoyado financiera y logísticamente la realización de pequeños seminarios de sus ex-becarios en temas muy importantes para promover la interacción del mundo académico e industrial con la sociedad. Para este seminario, que ya está en su décima y última edición, este año no se tuvo apoyo financiero por problemas económicos en Bonn.

Con la participación activa de 16 Alumni y Alumnae y 25 invitados especiales, además de participantes de las redes, estudiantes de doctorado, maestría y de formación profesional, etc., totalizando 53 participantes registrados, la ceremonia de inauguración fue presidida por la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Responsable Académica y Coordinadora de los diez Seminarios sobre Ingeniería Verde, por el Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, ex-Director de de la Facultad de Química de la UNAM, en representación del Prof. Dr. Carlos Amador-Bedolla, Director de la entidad anfitriona y por el



and by Mr. Alejandro Cadena-Ramos, Alumni/ae Coordinator, representing Ms. Dr. Katharina Fleckenstein, DAAD Office Director in Mexico.

In the opening ceremony Prof. Bazúa mentioned the importance of the academic cooperation among institutions, supported by the different entities, is a key point to enhance the interaction among specialists of different knowledge fields looking for short term solutions to the problems associated to the quality of life necessary for the survival of living organisms including humans in our planet.

The activities were focused to Green Engineering, from the first to the ninth versions of the Seminar carried out in March 2010, April 2011, 2012, and 2013, June 2014, 2015, and 2016, August 2017, and June 2018. As Dr. Peter Kusch, from the UfZ-Leipzig Halle, passed away October 10, 2014, and since all along these years he strongly supported the academic background of our small seminars, it was unanimously decided in the annual meeting of DAAD that year, that starting the 2015 Seminar the name would include “in Honor of Dr. Peter Kusch”, who was the honor opening key note speaker of four of the five seminars. One of his coworkers at UFZ, Dr. Uwe Kappelmeyer, delivered the plenary opening conference for 2015, and Prof. Dr. Lorenz Adrian also from UfZ Leipzig the keynote conference in 2016.

The last three years, unfortunately, the funds we could allocate through our Graduate Program in Chemical Sciences were

Sr. Alejandro Cadena-Ramos, Coordinador de Ex-Becarios, en representación de la Dra. Katharina Fleckenstein, Directora de la Oficina del DAAD en México.

El Prof. Bazúa señaló en la ceremonia inaugural la importancia de la colaboración académica entre instituciones, ya que permite optimizar la interacción entre los especialistas de diferentes campos del conocimiento en la búsqueda de soluciones aplicables en el corto plazo a la problemática planteada sobre la calidad de vida necesaria para la supervivencia de los seres vivos, entre ellos los humanos, en nuestro planeta.

Las actividades de los seminarios, desde la primera hasta la novena versiones, realizados en marzo de 2010, en abril de 2011, 2012 y 2013, en junio de 2014, 2015 y 2016, en agosto de 2017 y en junio de 2019, se refirieron a la Ingeniería Verde. Dado que el Dr. Peter Kusch, del Centro de Estudios Ambientales de Leipzig-Halle, falleció el 10 de octubre de 2014, y que estos pequeños seminarios siempre contaron con su fuerte apoyo académico, se decidió unánimemente en la reunión anual del DAAD de 2014 que, a partir del Seminario de 2015 se incluyera en el nombre “en Honor al Dr. Peter Kusch”, quien fuera el conferencista magistral de cuatro de los cinco seminarios previos. Uno de sus colaboradores, el Dr. Uwe Kappelmeyer, impartió la conferencia magistral de apertura del seminario de 2015 y el Prof. Dr. Lorenz Adrian, también investigador del UfZ en Leipzig, impartió la conferencia magistral en 2016.

Desafortunadamente, en los últimos años, los fondos que logramos conseguir del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas para



insufficient to cover the plane tickets since the costs have been increasing a lot from one month to the next one.

Thus, the keynote opening conferences have been delivered by Mexico's experts. In 2017 an esteemed colleague from the UNAM Center for Atmospheric Sciences presented it, Prof. Dr. José Agustín García-Reynoso. In 2018, Prof. Navarro-Frómata from the UTIM, was the key note speaker. This year, the plenary opening conference was given by the global organizer of these small academic seminars. The subject was a historical overview of these ten years, as a tribute to the commendable academic work of both, Dr. Peter Kuschik and Dr. Hanns Sylvester, the founder of these small seminars, that regrettably are not with us anymore.

The inclusion of four of the 17 sustainable development goals approved by the UNO in the 2030 Agenda on Sustainable Development, one for each Round Table, was considered since it was a request from DAAD. Thus, thanks to the logistic and financial support of the Network, this year some new aspects enriched the round tables.

This time the subjects for the contributions and conferences of the four Round Tables and the two Key Note conferences will be on: i) Goal 6, Clean water and sanitation; ii) Goal 7, Affordable and clean energy; iii) Goal 9, Industry, innovation, and infrastructure, and iv) Goal 11, Sustainable cities and communities.

los pasajes aéreos fueron insuficientes por el desproporcionado aumento de los costos de un mes al siguiente.

Por ello, las conferencias magistrales de inauguración han sido impartidas, en 2017, por un estimado colega del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, el Prof. Dr. José Agustín García-Reynoso. En 2018, el conferencista magistral fue el Prof. Navarro-Frómata de la UTIM. Y este año, la organizadora global de los diez pequeños seminarios, presentó la conferencia inaugural dando justamente un resumen histórico de estos diez años, a manera de homenaje, con énfasis en la encomiable labor académica, tanto del Dr. Peter Kuschik como la del fundador de estos pequeños seminarios, el Dr. Hanns Sylvester, ya que lamentablemente ya no están con nosotros.

La inclusión de cuatro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible aprobados por la ONU en la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, uno en cada Mesa Redonda, fue considerada ya que era un requisito del DAAD. Gracias al apoyo logístico y financiero de la Red, en este año se incorporaron algunas novedades para las mesas redondas.

En esta ocasión las temáticas de los trabajos y ponencias de las cuatro Mesas Redondas y las dos Conferencias Magistrales serán sobre: i) Agua limpia y saneamiento (objetivo 6), ii) Energía asequible y no contaminante (objetivo 7), iii) El objetivo 9 que es sobre industria, innovación e infraestructura y el iv) Ciudades y comunidades sostenibles (objetivo 11).



The First Round Table with the subject of Goal 6³, Clean water and sanitation was chaired by Dipl.-Ing. José Manuel Huerta-Fernández, President of the Sociedad de Exbecarios Mexicanos del DAAD (SEMEXDAAD).

*The first speaker was Prof. Dr. Camiel Janssen, invited scholar of UNAM, Facultad de Química, presenting the conference **Solvents engineering for the removal of metals in aqueous phases**. In this presentation it was assessed the feasibility of removing undesirable metals from water sources using a novel methodology related with ionic liquids separation.*

*The second speaker was Prof. Dr. Gabriel Echávez-Aldape, from Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, and DAAD Alumnus, and was entitled **New Hydraulic Risks, the Mayans**. His knowledgeable concepts were welcomed by the audience.*

*Dr. Leonel Ernesto Amábilis-Sosa's conference **Impact of agricultural activity on the quality of surface water in Hydrological Region 10 (RH10) of Mexico** was a highlight concerning one of the biggest problems in all countries where agrochemicals are used polluting surface and also underground water sources. From the results he presented, this research approach will strengthen the corroboration of the impact caused on the population that agricultural activities are supposed to serve. He was an invited scholar from the Instituto Tecnológico de Culiacán,*

La Primera mesa redonda de expertos con el tema Agua limpia y saneamiento (objetivo 6)³, fue moderada por el Dipl.-Ing. José Manuel Huerta-Fernández, Presidente de la Sociedad de Ex-Becarios del DAAD en México (SEMEXDAAD).

*El primer conferencista fue el Prof. Dr. Camiel Janssen, académico invitado de la Facultad de Química de la UNAM, presentando la conferencia **Ingeniería de solventes para la remoción de metales desde fases acuosas**. En esta presentación se vio la factibilidad de remover metales indeseables de fuentes de agua mediante un novedoso método relacionado con la separación usando líquidos iónicos.*

*El segundo conferencista fue el Prof. Dr. Gabriel Echávez-Aldape, de la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería and DAAD Alumnus, siendo su temática **Nuevos Riesgos Hidráulicos, los Mayas**. Sus expertos conceptos fueron grandemente apreciados por la audiencia.*

*La conferencia del Dr. Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, académico invitado del Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México, **Impacto de la actividad agrícola sobre la calidad del agua superficial en la región hidrológica 10 (RH10) de México** fue muy importante ya que trató uno de los problemas más grandes de todos los países donde se utilizan agroquímicos que contaminan las fuentes de agua superficiales y también las subterráneas. La óptica de sus resultados fortalecerá la corroboración del impacto que causan a la población a la que supuestamente*

³ UNO 17 Objectives of Sustainable Development in 2030 Agenda (Four Round Tables) / ONU 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030 sobre Desarrollo Sostenible (Cuatro Mesas Redondas)



Culiacán, Sinaloa, Mexico.

The Second Round Table that was framed within the Goal 7, Affordable and clean energy was chaired by Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, Alexander von Humboldt Stiftung Scholar and former dean of the UNAM Facultad de Química.

*Dr. Antonio Esteban Jiménez-González, DAAD Alumnus belonging to Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Energías Renovables, Temixco, Morelos, Mexico, presented a very interesting contribution entitled **Recent advancements on third generation solar cells**. With this approach, the feasibility of substituting fossil fuels energy by renewable energies increases, especially in countries with high solar irradiation, such as Mexico.*

*The second lecturer in this round table was Dr. José Manuel Barrera-Andrade, invited scholar from Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Mexico, and was also related with the use of solar radiation: **Degradation of CN^- y $Au(CN)_2^-$ using photocatalytic process**.*

*Prof. Dr. Otoniel Carranza Díaz, DAAD Alumnus of the Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, Sinaloa, Mexico, gave a conference on **Energy and nitrogen removal in mixed cultures of shrimp (*Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis sp.*) and macroalgae (*Gracilaria vermiculophylla*)**, and thanks to the information and communication technologies, ICTs, it was transmitted by*

debieran servir los agricultores.

La Segunda Mesa Redonda, enmarcada sobre Energía asequible y no contaminante (objetivo 7), fue moderada por el Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, recipiendario de la Fundación Alexander von Humboldt y ex-director de la Facultad de Química de la UNAM.

El Dr. Antonio Esteban Jiménez-González, DAAD Alumnus adscrito al Instituto de Energías Renovables de la UNAM, en Temixco, Morelos, México, presentó una contribución muy interesante intitulada **Avances recientes en celdas solares de tercera generación**, que permite on ello seguir avanzando en la sustitución de energía a partir de combustibles fósiles por energías renovables, especialmente en países que tienen una alta incidencia de radiación solar como México.

La segunda conferencia de esta mesa fue impartida por el Dr. José Manuel Barrera Andrade, Académico invitado del Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, relacionada también con el aprovechamiento de la radiación solar: **Degradación de CN^- y $Au(CN)_2^-$ empleando fotocatalisis**.

El Prof. Dr. Otoniel Carranza Díaz, DAAD Alumnus de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, Sinaloa, México, sustentó una conferencia sobre **Energía y remoción de nitrógeno en cultivos mixtos de camarones (*Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis sp.*) y macroalga (*Gracilaria vermiculophylla*)** que, aprovechando las enormes ventajas de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, TIC, fue



Skype from Athens, Greece.

After the brunch (comida) as the Mexicans call this meal, the academic activity started with the Third Round Table of Experts on the Goal 9, Industry, innovation, and infrastructure chaired by Ms. Dra. Julieta Rojo-Medina, DAAD Alumna.

The first speaker was Ing. Manuel Enriquez-Poy, the General Director of Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio and Central Motzorongo) and the President of the National Committee for Normalization of the Sugarcane and Ethyl Alcohol Industries. His lecture was entitled **Productive chains and fight against environmental pollution**. His conference was very well received due to the interest of the participants on the industry-sustainability binomial.

The subject of the second lecture represents a crucial subject for Mexico: **Mining processes in Mexico and its relationship with the environment**. Ms. Dr. in Eng. Marisela Bernal-González, was the invited scholar that gave an approach to the problem that has caused several environmental disasters and offered some solutions to reduce its incidence and probabilities of more damages. She belongs to the UNAM, Facultad de Química.

Dr. José Eduardo Rodríguez-Bustamante DAAD Alumnus, Instituto de Química, UNAM, gave the third conference: **Application of geographic information systems (GIS) in the conservation of wildlife**.

transmitida por Skype desde Atenas, Grecia.

Después del almuerzo, *comida* como le llaman los mexicanos, se inició la actividad académica con la Tercera Mesa Redonda de Expertos sobre Industria, innovación e infraestructura (objetivo 9), moderada por la Dra. Julieta Rojo-Medina, DAAD Alumna.

El primer conferencista fue el Ing. Manuel Enriquez-Poy, Director General del Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio y Central Motzorongo) y el Presidente Nacional del Comité de Normalización de las Industrias Azucarera y Alcohólica. Él habló sobre **Cadenas productivas y combate a la contaminación ambiental**, siendo recibida esta conferencia por los participantes con gran interés dado que el binomio industria - sustentabilidad es extraordinariamente importante.

La segunda conferencia de esta temática incidió en un rubro muy importante para México: **La minería en México y su relación con el ambiente**. La Dra. en Ing. Marisela Bernal-González, académica invitada de la Facultad de Química de la UNAM dio un acercamiento a la problemática que ha llevado a México a tener desastres ambientales verdaderamente severos y ofreció algunas soluciones para reducir su incidencia y la probabilidad de mayores daños.

El Dr. José Eduardo Rodríguez-Bustamante, DAAD Alumnus e investigador del Instituto de Química de la UNAM, impartió la tercera conferencia: **Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en la conservación de fauna silvestre**.



As already mentioned in our previous seminar, one of the tasks for the participants of this Small International Academic Seminar (KAS in German), as these events were named in 2010 when they started, by Dr. Hanns Sylvester, a very esteemed and well remembered DAAD Director in Mexico and Central America and the Caribbean, should be to alert the new government of Mexico at that started at the end of year 2018 on the hazards of these exploitations of natural resources when nature and living organisms, including human beings, are not respected.

Prof. Constantino Gutiérrez-Palacios, M.Sc., DAAD Alumnus from UNAM, Faculty of Engineering, was the Chairperson for the Fourth Round Table of Experts dealing with Goal 11, Sustainable cities and communities.

*Prof. Dr. Hermilo Salas-Espindola, invited scholar from UNAM, Facultad de Arquitectura, gave the lecture **Sustainable cities: Is Mexico City within these trends?** generated a very interesting discussion with many proposals to improve quality of life in a megacity from the scope of all knowledge fields.*

*Dr. Gerardo Reyes-Guzmán, DAAD Alumnus(Universidad La Salle Bajío, Campus Salamanca, México) talked about **Food safety: The fungus Ug99 (Puccinia graminis)**, a global threat to wheat crops that also contributed to the general discussion after the three conferences.*

*The third conference, **Water pollution as an inducing factor for cancer and diabetes**, given by Dr. Fernando Flores-Guzmán,*

Como se mencionó en nuestro seminario anterior, una de las tareas de los participantes de este Pequeño Seminario Académico Internacional (KAS en alemán), como les denominó en 2010 cuando se iniciaron, el muy estimado y siempre bien recordado Dr. Hanns Sylvester (qepd), Director del DAAD para México, Centro América y el Caribe, debe ser la de alertar al nuevo gobierno de México que inició al final de 2018 sobre el peligro de las explotaciones de los recursos naturales cuando no se respetan ni la naturaleza ni los seres vivos, como los seres humanos, que dependen de ella.

El Prof. M.C. Constantino Gutiérrez-Palacios, DAAD Alumnus de la UNAM, Facultad de Ingeniería, fue el moderador de la Cuarta Mesa Redonda de Expertos sobre Ciudades y comunidades sostenibles (objetivo 11).

El Prof. Dr. Hermilo Salas-Espindola académico invitado de la Facultad de Arquitectura de la UNAM dio la primera conferencia: **Ciudades sostenibles y sustentables: ¿Está la Ciudad de México dentro de estas tendencias?** que resultó provocadora ya que generó en la discusión muchas propuestas de mejora para la calidad de vida desde todos los campos del conocimiento.

El Dr. Gerardo Reyes-Guzmán, de la Universidad La Salle Bajío, Campus Salamanca, México y DAAD Alumnus habló sobre **Seguridad alimentaria: El hongo Ug99 (Puccinia graminis)**, una amenaza mundial para los cultivos de trigo. Esta presentación también contribuyó a la discusión general.

La tercera conferencia **La contaminación en el agua como factor inductor de cáncer y diabetes**, sustentada por el Dr. Fernando Flores-



DAAD Alumnus of UNAM Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, completed this last Round Table leading to a very rich discussion to reach the goal on sustainable cities and communities.

*The Closing Key Note Conference was given by Prof. Dr. Amado Enrique Navarro-Frómeta, Invited scholar from the Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla, Mexico, and Executive Secretary of the Technical Academic Committee of the Conacyt Theme Network Management of Quality and Availability of Water. The subject was: **Some insights about wastewater treatment in Mexico.***

The closing ceremony declaration was carried out by the former Director of the host institution, Prof. Enrique Rodolfo Bazúa Rueda, Ph.D., Alexander von Humboldt Stiftung Universität Heidelberg Scholar, and former General Coordinator of UNAM Graduate Studies entity.

Guzmán, *DAAD Alumnus* de la UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, completó esta última Mesa Redonda dando la pauta para iniciar una discusión muy rica para alcanzar la meta sobre ciudades y comunidades sostenibles.

La conferencia magistral de clausura fue impartida por el Prof. Dr. Amado Enrique Navarro-Frómeta, Académico invitado de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla, México y Secretario Ejecutivo del Comité Técnico Académico de la Red Temática del Conacyt Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua. Su tema fue: **Algunas apreciaciones sobre el tratamiento de aguas residuales en México.**

La declaración de clausura fue realizada por el ex-Director de la Facultad de Química, el Prof. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, Ph.D., recipiendario de la Fundación Alexander von Humboldt en la Universidad de Heidelberg y exCoordinador General de Estudios de Posgrado de la UNAM.



Presentations Index / Índice de presentaciones

(Format: .pdf files / Formato: Archivos en .pdf)

Friday June 07, 2019 / Viernes 07 de junio de 2019. UNAM-FQ Auditorium E / Auditorio E

Key / Clave	Author(s) / Autor(es)	Format / Formato
I.	Mrs. Prof. Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Opening Keynote Conference/ Conferencia magistral de inauguración: Homage to Drs. Hanns Sylvester and Peter Kuschke or the importance of dissemination of research trends in the industry, academia, and society / Homenaje a los Dres. Hanns Sylvester y Peter Kuschke o la importancia de la difusión de los hitos en la investigación en la industria, la academia y la sociedad. Responsible Coordinator of these ten Small International Seminars on Green Engineering 2010-2019 / Coordinadora Responsable de estos diez Pequeños Seminarios Internacionales sobre Ingeniería Verde 2010-2019, DAAD Alumna	.pdf pp. 35-76
II.	Prof. Dr. Amado Enrique Navarro-Frómeta. Closing Keynote Conference/ Conferencia magistral de clausura: Some insights about wastewater treatment in Mexico/Algunas apreciaciones sobre el tratamiento de aguas residuales en México, Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla, México. Invited scholar and Executive Secretary of the Technical Academic Committee of the Conacyt Theme Network Management of Quality and Availability of Water / Académico invitado y Secretario Ejecutivo del Comité Técnico Académico de la Red Temática del Conacyt Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua	.pdf
I.01.	Dr. Camiel Janssen, <i>Designer solvents for the removal of metals from water / Ingeniería de solventes para la remoción de metales desde fases acuosas. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Académico invitado</i>	.pdf
I.02.	Dr. Gabriel Echávez Aldape, <i>New Hydraulic Risks, the Mayans / Nuevos Riesgos Hidráulicos, los Mayas. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, DAAD Alumnus</i>	.pdf
I.03.	Leonel Amábilis Sosa, <i>Impact of agricultural activity on the quality of surface water in Hydrological Region 10 (RH10) of Mexico / Impacto de la actividad agrícola sobre la calidad del agua superficial en la región hidrológica 10</i>	.pdf



Key / Clave	Author(s) / Autor(es)	Format / Formato
	(RH10) de México. Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México. <i>Invited scholar</i> / Académico invitado	
II.01	Dr. Antonio Esteban Jiménez González, <i>Recent advancements on third generation solar cells</i> / Avances recientes en celdas solares de tercera generación. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Energías Renovables, Temixco, Morelos, México. <i>DAAD Alumnus</i>	.pdf
II.02.	Dr. José Manuel Barrera Andrade, <i>Degradation of CN⁻ y Au(CN)²⁻ using photocatalytic process</i> / Degradación de CN ⁻ y Au(CN) ²⁻ empleando fotocatálisis. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, <i>Invited scholar</i> / Académico invitado	.pdf
II.03.	Dr. Otoniel Carranza Díaz, <i>Energía y remoción de nitrógeno en cultivos mixtos de camarones (Litopenaeus vannamei), tilapia (Oreochromis sp.) y macroalga (Gracilaria vermiculophylla)</i> / <i>Energy and nitrogen removal in mixed cultures of shrimp (Litopenaeus vannamei), tilapia (Oreochromis sp.) and macroalgae (Gracilaria vermiculophylla)</i> . Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, Sinaloa, México. <i>DAAD Alumnus</i>	.pdf
III.01	Ing. Manuel Enriquez Poy, <i>Productive chains and fight against environmental pollution</i> / Cadenas productivas y combate a la contaminación ambiental. <i>General Director of Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio y Central Motzorongo) and President of the National Committee for Normalization of the Sugarcane and Ethyl Alcohol Industries</i> / Director General del Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio y Central Motzorongo) y Presidente Nacional del Comité de Normalización de las Industrias Azucarera y Alcoholera	.pdf
III.02.	Dra. Marisela Bernal González, <i>La minería en México y su relación con el ambiente</i> / <i>Mining processes in Mexico and its relationship with the environment</i> . Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, <i>Invited scholar</i> / Académico invitado	.pdf
III.03	Dr. José Eduardo Rodríguez-Bustamante. <i>Application of geographic information systems (GIS) in the conservation of wildlife</i> / Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en la conservación de fauna silvestre. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Química, UNAM. <i>DAAD Alumnus</i>	.pdf
IV.01.	Dr. Hermilo Salas-Espíndola, <i>Sustainable cities: Is Mexico City within these trends</i> / Ciudades sostenibles y sustentables: ¿Está la Ciudad de México dentro	.pdf



Key / Clave	Author(s) / Autor(es)	Format / Formato
	de estas tendencias? Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, <i>Invited scholar</i> / Académico invitado	
IV-02.	Dr. Gerardo Reyes-Guzmán, <i>Food safety: The fungus Ug99 (Puccinia graminis), a global threat to wheat crops</i> / Seguridad alimentaria: El hongo Ug99 (<i>Puccinia graminis</i>), una amenaza mundial para los cultivos de trigo. Universidad De la Salle Bajío, Campus Salamanca, México, <i>DAAD Alumnus</i>	.pdf
IV.03.	Dr. Fernando Flores-Guzmán, <i>Water pollution as an inducing factor for cancer and diabetes</i> / La contaminación en el agua como factor inductor de cáncer y diabetes. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, <i>DAAD Alumnus</i>	.pdf



LISTADO DE PARTICIPANTES EX-BECARIOS DEL DAAD Y DE LA AvH Stiftung

LIST OF PARTICIPANTS DAAD Alumni AND Alumnae AND AvH Stiftung

1. Bazúa-Rueda Enrique Rodolfo	AvH Stiftung Invited scholar	erbr@unam.mx	UNAM, Faculty of Chemistry
2. Cadena-Ramos Alejandro	DAAD Representative	cadena@daadmex.org	DAAD Oficina Regional
3. Carranza-Díaz Otoniel (videoconferencia)	DAAD Alumnus	otoniel.carranza@uas.edu.mx	UAS, Mazatlán
4. Castro-González Alejandra	DAAD Alumna	alcastro@unam.mx , alecastro@fi-b.unam.mx	UNAM, Faculty of Engineering
5. Durán-Domínguez-de-Bazúa María del Carmen	DAAD Alumna	mcduran@unam.mx	UNAM, Faculty of Chemistry
6. Echávez-Aldape Gabriel	DAAD Alumnus	echavez@unam.mx	UNAM, Faculty of Engineering
7. Fernández Villagómez Georgina	DAAD Alumna	gfv19@hotmail.com	UNAM, Faculty of Engineering
8. García Bórquez Arturo	DAAD Alumnus	a.garciaborquez@yahoo.com.mx , borquez@esfm.ipn.mx	Ciencia de Materiales, ESfM, IPN
9. Gutiérrez-Palacios Constantino	DAAD Alumnus	cgping@yahoo.com	UNAM, Faculty of Engineering
10. Huerta Fernández José Manuel	DAAD Alumnus	josemanuelhuerta@prodigy.net.mx	PEMEX, retired
11. Jiménez González Antonio Esteban	DAAD Alumnus	ajg@cie.unam.mx	UNAM, Center for Energy Research
12. Menéndez Flores Víctor Manuel	DAAD Alumnus	menendez_99@yahoo.com	SEMARNAT, Mexican Government
13. Plettner Otto	DAAD Alumnus	oplettner@hotmail.com	Private Enterprise
14. Reyes-Guzmán Gerardo	DAAD Alumnus		Universidad L Salle Bajío, Campus Salamanca, México
15. Rodríguez Bustamante José Eduardo	DAAD Alumnus	e-rodriguez-bustamante@ciencias.unam.mx	UNAM, Faculty of Sciences
16. Rojo-Medina Julieta	DAAD Alumna	julietarjomx@yahoo.com.mx	



LISTADO DE PARTICIPANTES INVITADOS

LIST OF INVITED SCHOLARS

1. Amábilis-Sosa Leonel Ernesto	Academic invited peer	leoamabilis@yahoo.com.mx	ITCuliacán, TNM
2. Balbuena Domínguez Elizabeth	Academic invited peer	dominguezelizabeth.balbuena7@gmail.com	UNAM, FQ
3. Barrera-Andrade José Manuel	Academic invited peer	jmanban@yahoo.com.mx	ESIQIE, IPN
4. Bernal-González Marisela	Academic invited peer	marisela_bernal2000@yahoo.com.mx	UNAM, FQ
5. Borja-Urzola Arany del Carmen	Academic invited peer	araborurz@hotmail.com	UNAM, FQ
6. Campos Rodríguez Tania	Academic invited peer	more3a@live.com.mx	UNAM, FQ
7. Castillo Andrei Moamet	Academic invited peer	moametcg@gmail.com	UNAM, FQ
8. Cuéllar Briseño Rodrigo	Academic invited peer	rodrigo.cuellar95@gmail.com	UNAM, FQ
9. de la Cruz Ochoa Martha	Academic invited peer	2marthadlcruz.ochoa@gmail.com	UNAM, FQ
10. Enríquez-Poy Manuel	Academic invited peer	poymanuel@prodigy.net.mx	Director General del Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio y Central Motzorongo) y Presidente Nacional del Comité de Normalización de las Industrias Azucarera y Alcohólica UNAM, Facultad de Química
11. Janssen Camiel	Academic invited peer	engineerjanssen@gmail.com	
12. Labastida Villegas Carlos	Academic invited peer	carlabvi@unam.mx	Programa Universitario de Alimentos, UNAM
13. Martínez Laredo Jazmín	Academic invited peer	jminy08@gmail.com	UNAM, FQ
14. Mendoza-Pérez Samuel	Academic invited peer	iamzamel@hotmail.com	UNAM, FQ
15. Nava Castro Kiara Mary Joan	Academic invited peer	kia.majo.07@gmail.com	UNAM, FQ
16. Navarro Frómeta Amado Enrique	Academic invited peer	navarro48_99@yahoo.com	UTIM, Izúcar de Matamoros, Puebla, México y Secretario Ejecutivo de la Red para la Gestión de la Calidad del Agua UNAM, FQ
17. Ramírez Castillo Benjamín	Academic invited peer	benjamoch@hotmail.com	
18. Rodríguez López Ángel	Academic invited peer	ankelo.3219@gmail.com	UNAM, FQ



19. Salas Espíndola Hermilo	Academic invited peer		UNAM, FA
20. Salinas-Castillo Nora Verónica	Academic invited peer	nvsalinas@hotmail.com	UNAM, FQ
21. Seseña-Alcalde María del Rocío	Academic invited peer	rociosa1612@gmail.com	UNAM, FQ
22. Silva-Arvizu Massyel	Academic invited peer	massyelarvizu@gmail.com	UNAM, FQ
23. Soto Medina José Carlos	Academic invited peer	carlos_04-11@hotmail.com	UNAM, FQ
24. Tercero Reyes Diego Augusto	Academic invited peer	terceroreyesd@gmail.com	UNAM, FQ
25. Vargas Carrillo Espiridión Deiby	Academic invited peer		UNAM, FQ



Página en blanco / *Intentionally blank page*



In Memoriam to

A la memoria del

Dr. Peter Kusch

and / del

Dr. Hanns Sylvester

A la memoria del

Dr. Peter Kuschke
and / del

Dr. Hanns Sylvester



Página en blanco / *Intentionally blank page*



Homage to Drs. Hanns Sylvester and Peter Kuschk or the importance of dissemination of research trends in the industry, academia, and society

Homenaje a los Dres. Hanns Sylvester y Peter Kuschk o la importancia de la difusión de los hitos en la investigación en la industria, la academia y la sociedad

Mrs. Prof. Dr.-Ing. / Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa

Responsible Coordinator of these ten Small International Seminars on Green Engineering in Honor of Dr. Peter Kuschk 2010-2019 and in 2019 in Honor of Dr. Hanns Sylvester, DAAD Alumna
 Coordinadora Responsable de estos diez Pequeños Seminarios Internacionales sobre Ingeniería Verde en Honor del Dr. Peter Kuschk 2010-2019 y en 2019 en Honor del Dr. Hanns Sylvester, ex-becaria del DAAD

Abstract

With these lines and photos the author wants to pay a respectful and sincere homage to two persons that left an indelible imprint in her and give her the certainty that in this world there are altruistic persons that give a life lesson to those that interact with them. Doctors Peter Kuschk and Hanns Sylvester left us an inheritance through these ten Small International Seminars on Green Engineering about what we should do to help our fellow human beings and our planet, always looking for the improvement of the others since these actions will bring improvement to ourselves.

As an introduction

Our first approach to Dr. Hanns Sylvester was in 2009 when he arrived to Mexico and gave the insight and importance of carrying out small seminars where academia, industry, and the sectors concerning government, services, and society were in contact for the benefit of the whole society. He promised that through the DAAD office this initiative would be supported to have a long run continuity so that its effects on the Mexican society were durable thanks to the impact of the DAAD Alumni.

Resumen

Con estas líneas y fotos la autora quiere rendir un homenaje respetuoso y sincero a dos personas que dejaron una huella imborrable en ella y que dan la certeza de que en este mundo hay personas altruistas que dan una lección de vida a quienes interactúan con ellas. Los Dres. Peter Kuschk y Hanns Sylvester nos dejaron un legado a través de estos diez Pequeños Seminarios Internacionales sobre Ingeniería Verde de lo que debemos hacer para ayudar a nuestros conciudadanos y al planeta, siempre buscando el mejoramiento de los otros ya que eso nos llevará a nuestro propio mejoramiento.

A manera de introducción

Nuestro primer acercamiento con el Dr. Hanns Sylvester fue en 2009 cuando llegó a México y nos planteó la importancia de realizar pequeños seminarios en los que pudiéramos poner en contacto a la academia, la industria, y los sectores gubernamental, de servicios y social para beneficio de la sociedad en su conjunto. Él nos prometió que, a través de la Oficina del DAAD apoyaría esta iniciativa para tener una continuidad de largo aliento para que su efecto en la sociedad mexicana perdurara gracias al impacto de los DAAD Alumni.



Then, we were named Alumni since there was still no gender equality, that nowadays invite us to consider the DAAD Alumnae, as the writer of this memento for two great men that had the philosophy to incorporate all sectors of the society to improve the quality of life for ALL the inhabitants of our planet no matter which country, social and/or economic level, ideas, gender, age, etc.

We met Dr. Peter Kuschik when we started our research on the use of wetlands as natural systems to maintain clean the water not only for communities but for industries, farms, and any human activity. This encounter happened at the end of the 80s and beginning of the 90s in the Twentieth Century. Very soon, this academic approach became a friendship following the social vision that we both had to use these systems to support disadvantaged communities not only in our countries but everywhere in the planet.

For this reason with these small seminars created by Dr. Hanns Sylvester it was just natural to have as German invited colleague to Dr. Peter Kuschik from Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ Leipzig and, although for the first one we did not have the opportunity to establish the invitation due to other duties he had, from the second seminar until his unexpected death he was our outstanding opening keynote conference speaker.

And, precisely on that year, 2014, Dr. Sylvester left the Direction of the DAAD Office in Mexico leaving an emptiness that has not yet being filled out during the subsequent years for these small seminars.

This conference and the document derived of it constitute a homage to both, pillars of human kindness, that shared a common altruistic principle: They always looked for the improvement of life quality for those people least favored in our human society through knowledge and science, as well as its beneficial applications, thanks to technology, following the equity established by the social sciences and the humanities.

This human knowledge: science, technology and humanities should never been separated in order to

Entonces así se nos llamaba ya que no se daba todavía la equidad de género, que ahora nos lleva a considerar a las DAAD Alumnae, como la que escribe este memento para dos grandes pilares de esta filosofía de incorporar a todos los sectores de la sociedad para mejorar la calidad de vida de TODOS(AS) los habitantes de nuestro planeta sin importar su país, nivel social y/o económico, ideas, género, edad, etc.

Al Dr. Peter Kuschik lo conocimos cuando iniciamos nuestra investigación sobre el uso de sistemas naturales, los humedales, para depurar el agua no solamente de comunidades sino de industrias, de granjas y, en fin, de cualquier actividad humana. Esto ocurrió a fines de la década de los años 80 y principios de la década de los 90 del siglo XX. Pronto, este acercamiento académico se volvió amistoso dada la visión social que se tenía de usar estos sistemas para apoyar a las comunidades más desfavorecidas de la sociedad no solamente en nuestros países sino en todo el planeta.

Por ello es que con estos pequeños seminarios instaurados por el Dr. Hanns Sylvester quedaba de manera natural como académico invitado de Alemania el Dr. Peter Kuschik del Centro Helmholtz de Estudios Ambientales de Leipzig y, aunque en el primero y pudimos invitarlo por otros compromisos que él tenía, a partir del segundo seminario se incorporó a ellos hasta su inesperada muerte como nuestro más connotado conferencista magistral para la ceremonia de inauguración.

Y, justamente ese año, 2014, el Dr. Sylvester dejó la Dirección de la Oficina del DAAD en México lo que trajo un vacío que no ha podido ser llenado en los años subsiguientes para estos pequeños seminarios.

Esta conferencia y el documento derivado de ella constituyen un homenaje para ambos pilares de la bondad humana que compartieron un principio altruista común con el que siempre buscaron el mejoramiento de la calidad de vida de los menos favorecidos en la sociedad humana a través del conocimiento y la ciencia, así como sus aplicaciones benéficas, a través de la tecnología, siguiendo los principios de equidad que establecen las humanidades.

Este conocimiento humano: La ciencia, la tecnología y las humanidades nunca deben estar desligadas para mantener



maintain an ethical equilibrium that should rule any scientist or technologist behavior.

el equilibrio ético que debe regir el comportamiento de cualquier científico o tecnólogo.

Who are these two outstanding persons?

¿Quiénes son nuestros homenajeados?

Next we are showing a very short semblance for both of them.

A continuación mostramos una pequeñísima semblanza de cada uno de ellos.



Dr Hanns Sylvester studied geology in Hamburg and in Münster. He worked as a university professor in Chile until 1994. Until 2009 he was in charge of different positions in development cooperation, first at the GTZ, later and most of the time at the DAAD in Bonn. From 2009 to 2013 he acted as the Director of the DAAD Branch Office in Mexico-City. Since 2014 he holds the actual position as director of the German National Erasmus+ Agency for Higher Education at the DAAD in Bonn.

11.12.2017 - Verein

Photograph and text taken from / Fotografía y texto tomados de

<https://www.eurashe.eu/about/experts/sylvester/>





Europa macht Schule e.V. trauert um Dr. Hanns Sylvester

Im Alter von 62 Jahren ist unser Mentor, Dr. Hanns Sylvester, überraschend verstorben.

Mit großem Bedauern haben wir vom Tode unseres Mentors, Dr. Hanns Sylvester, erfahren. Als Direktor der Nationalen Agentur für EU-Hochschulzusammenarbeit im DAAD hat Herr Sylvester unser Programm „Europa macht Schule“ mitverantwortet und unterstützt. Gemeinsam mit Herrn Sylvester und dem DAAD-Team organisierten wir 2016 auch das zehnjährige Jubiläum von „Europa macht Schule“ und feierten das dreißigjährige Bestehen des ERASMUS-Programms.

Herr Sylvester war im Beruflichen wie Privaten ein engagierter Botschafter unseres Programms. Durch seine fachliche Expertise und freundliche Art öffnete er uns Türen, gab uns neue Einsichten und Anstöße. Er hatte stets ein offenes Ohr für unsere Anliegen und stand uns bei Fragen mit Rat und Tat zur Seite. Mit Herrn Sylvester verlieren wir einen Förderer, Fürsprecher und Freund, dessen Leidenschaft für den interkulturellen Dialog wir sehr vermissen werden.

Dr. Hanns Sylvester verstarb am 30. November 2017 nach kurzer, schwerer Krankheit im Alter von 62 Jahren. Er hatte im Jahr 2014 die Leitung der Nationalen Agentur für EU-Hochschulzusammenarbeit im DAAD übernommen, in welcher „Europa macht Schule“ deutschlandweit koordiniert wird.

Unsere Gedanken sind bei seiner Familie, der wir unser herzliches Beileid aussprechen möchten und viel Kraft für die kommende Zeit wünschen.

In herzlicher Anteilnahme

Frank Wittmann

*Vorsitzender Europa macht Schule e.V.
im Namen des Vereins*



© Florian Trettenbach/DAAD



The Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ) grieves for its long-serving staff scientist

Dr. Peter Kusch,
who passed away unexpectedly on 14 October 2014

Dr. Peter Kusch was active as a scientist at the UFZ since its inception in December 1991. He studied Biochemistry in Halle (1977-1982) and then worked on treatment of industrial wastewater at the Institute for Biotechnology of the Academy of Sciences of the GDR.

After Germany's re-unification his professional expertise was an important keystone for the UFZ's agenda of remediation of contaminated sites. In 1998 he started his working group "Ecological Water Treatment Technologies" in the Department of Environmental Biotechnology where he pursued with great passion the development of near-natural technologies for water treatment. Peter Kusch's vision and intuition for timely and exciting research topics enhanced substantially the biotechnological profile of the UFZ.

His knowledge, experience, work output, and ideas were received with great praise by the scientific community, and fostered numerous co-operations with other leading scientists in his research field. He forged relationships and friendships with many



scientists, in particular in those countries for which efficient near-natural water treatment systems are instrumental for a better water management regime. Many international partners entrusted Peter Kusch with their doctoral students or joined his group here for research stays. His global scientific network added significantly to the UFZ's international visibility.

Peter Kusch had a special heart for the next generation of researchers. By his warm attitude and his legendary meetings for “homeless people”, which he housed for international fellows, he was a trusted and reliable mentor for many younger researchers at the UFZ. He kept his door always open. His calm and outstanding social vein will remain forever in our memory.

Peter Kusch spent almost half his life at the UFZ. He was one of the doyens of this research institution, an inspiration to many and a good friend. His scientific expertise, pragmatism, rock-solid work ethics, civility and optimism, his dry wit and his compassion will be dearly missed!

The passing of Dr. Peter Kusch is a big loss and leaves deep marks in the Department of Environmental Biotechnology, which are an obligation to us. With great regret and grief our condolences are with his family. We will honor his memory and continue his work in the department.

Helmholtz Centre for Environmental Research– UFZ, Leipzig

The Senior Administration

Prof. Dr. G. Teutsch

Dr. H. Grassmann

The Works Council

Dr. M. Gehre

The Department of Environmental Biotechnology and the Centre for Environmental Biotechnology

Prof. Dr. Matthias Kästner

Prof. Dr. Roland A. Müller

and Colleagues

ZUM TOD VON PETER KUSCHK

27.10.2014

Unser Freund und Forschungspartner, Dr. Peter Kusch, vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Department Umweltbiotechnologie, ist völlig überraschend am 14.10.2014 im Alter von 59 Jahren gestorben.

Noch kurz vor seinem Tod haben wir zwei Tage mit ihm am 06./07.10.2014 auf der IÖV-Jahreshauptversammlung und Veranstaltung über "Zukunftsfähige Ökosysteme" verbracht und unsere geplanten gemeinsamen Forschungsanstrengungen abgesprochen. Bei diesem Anlass hat er für die Tagungsteilnehmer erneut sein Phytotechnikum, seine Labore und die geplante thematische Ausrichtung seiner Arbeitsgruppe für die nächsten Jahre vorgestellt. Sein Vortrag war völlig uneitel - wie immer-, obwohl er doch aus meiner Sicht in Deutschland die überragende Kapazität in der Grundlagenforschung zu Pflanzenkläranlagen (constructed wetlands) war. Nahezu zeitgleich (am 23.10.2014) ist unsere Publikation ([P.V. Caicedo, K.Z. Rahmann, P. Kusch, M. Blumberg, A. Paschke, W. Janzen, G. Schürmann \(2014\): Comparison of heavy metal content in two sludge drying reed beds of different age, in Ecological Engineering 74 \(2014\) 48-55](#)) angenommen worden ,



bei der es um Untersuchungen an zwei von uns vor Jahren in der Gemeinde Lahstedt realisierten Klärschlammvererdungsanlagen geht.

Natürlich geht das Leben weiter, doch voller Trauer kann ich aktuell nicht erkennen, wie diese Lücke geschlossen werden kann.

Michael Blumberg

Das nachfolgende Bild zeigt Dr. Kuschk vor unserer [Pflanzenkläranlage](#) in Mexico-City in diesem Jahr (2014), vor dem
4
Teilsegment *Phragmites australis* or *Arundo donax*.



The Ten Small Seminars on Green Engineering 2010-2019

First Small Seminar (March 24, 2010)

Its format was based on the contributions of the DAAD Alumni and Alumnae or AvH scholars as moderators and three speakers in each of four Round Tables that were the core of this First International Seminar “Green Engineering”, framed with a key note conference that gave the overall focus for the general discussion and enriched by the comments of the participants.

Los Diez Pequeños Seminarios sobre Ingeniería Verde 2010-2019

Primer Seminario (Marzo 24, 2010)

Su formato estaba basado en las contribuciones de cuatro moderadores de Mesas Redondas, DAAD Alumni y Alumnae o beneficiarios AvH, con tres conferencistas en cada una que se enmarcaban con una conferencia magistral de este Primer Seminario Internacional sobre Ingeniería Verde dando la pauta para la discusión general y que eran enriquecidos por los comentarios de las y los participantes.

⁴ In general, *Arundo donax* is taller than *Phragmites*, with longer leaves, **and** with a longer, sometimes more compact-appearing **and** more erect inflorescence, while *Phragmites australis* is a little shorter, with shorter **and** more narrow leaves, **and** a shorter inflorescence, that often looks more open, **and** leans to one side (physical description)



The 12 Green Engineering principles were introduced, as an approach to engineering, design, and production based upon sustainability, minimum environmental impact and favorable economic and social aspects. Green engineering may be conducted within this framework. Emeritus Professor Stanley E. Manahan, Ph.D., a very dear colleague, was the pioneer of these denominations: environmental chemistry, green chemistry, and green engineering before 1997.

The goal of this first seminar was the application of these GREEN ENGINEERING principles to Mexico and other countries of the region to improve quality of life in an overall basis without affecting sustainability. The end product was a book emphasizing the positive assets of these contributions.



Just before starting the opening ceremony Alumni took these two photographs (with a very simple camera -no fancy cell phones were still yet ☺-) where government, academia, and Pemex were represented by Dr. Rodrigo Montúfar-Cháveznava, Director of Urban Technologies, on behalf of Mrs. Dr. María Esther Orozco, Secretary of Science and Technology of the Government of the Distrito Federal, Prof. Dr. Gabriel Echávez-Aldape (DAAD Alumnus), and Dipl.-Ing. José Manuel Huerta-Fernández, President of the DAAD Association of Alumni-Alumnae in Mexico (left), and Mrs. Prof. Dr.-Ing. María-del-Carmen Durán-de-Bazúa, Organizer of this First Green Engineering Small Seminar (right)

Los 12 principios de la ingeniería verde se introdujeron como un acercamiento a la ingeniería, el diseño y la producción basado en la sustentabilidad, el impacto mínimo al ambiente y los aspectos sociales y económicos que sean más favorables. La ingeniería verde puede conducirse dentro de este marco. El profesor emérito y un colega muy estimado, Dr. Stanley E. Manahan, fue el pionero de estos términos: química ambiental, química verde e ingeniería verde antes de 1997.

La meta de este primer seminario fue la aplicación de estos principios de la INGENIERÍA VERDE a México y otros países de la región para mejorar la calidad de vida de manera holística sin afectar la sustentabilidad. El producto de estos esfuerzos fue un libro señalando las bondades de estas contribuciones.



Justo antes de iniciar la ceremonia de inauguración colegas exbecarios tomaron estas dos fotografías (con una cámara sencilla –no había los sofisticados teléfonos celulares actuales ☺-) donde el gobierno, la academia y Pemex estaban representados por el Dr. Rodrigo Montúfar-Cháveznava, Director de Tecnologías Urbanas, en representación de la Dra. María Esther Orozco, Secretaria de Ciencia y Tecnología del Gobierno del Distrito Federal, el Prof. Dr. Gabriel Echávez-Aldape (DAAD Alumnus) y el Ing. José Manuel Huerta-Fernández, Presidente de la Asociación de Ex-Becarios del DAAD en México (izquierda) y la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-de-Bazúa, organizadora de este Primer Pequeño Seminario sobre Ingeniería Verde (derecha)



The most relevant outcomes of this seminar were:

Contributions to reduce the impact of the theft of PEMEX products in ducts through strategies of automatization.

Contributions to obtain cleaner energy (hydrogen) and soil improver using gasification of agroindustrial residues as a renewable source of carbon that, besides sequestering carbon dioxide from atmosphere through photosynthesis produce in situ energy.



Mr. Hubertus von Römer, Scientific Attache of the Embassy of Germany in Mexico addressing the participants during the Closing Ceremony

Second Small Seminar (March 31-April 01, 2011)

The German Academic Exchange Service, DAAD (in German), has granted financial and logistic support to organize Alumni events in important subjects to promote the interaction of the academic and industrial world with the society.

With the active participation of more than 40 people, one of the opening ceremonies was presided by Dr. Hanns Sylvester, Director of the DAAD Office for Mexico and Central America and by Dr. Vicente Borja-Ramírez, representing Prof. M.A. Gonzalo Guerrero, Director of the UNAM Faculty of Engineering, the host institution for these two

Los productos más relevantes de este seminario fueron:

Contribuciones para reducir el impacto del robo de productos de PEMEX en los ductos mediante la automatización.

Contribuciones para obtener energía más limpia (hidrógeno) y mejoradores de suelo a partir de la gasificación de residuos agroindustriales como fuente renovable de carbono que, además de secuestrar el CO₂ de la atmósfera por fotosíntesis produce energía *in situ*.



El Sr. Hubertus von Römer, Agregado Científico de la Embajada de Alemania en México, dirigiendo unas palabras en la ceremonia de clausura

Segundo Pequeño Seminario (Marzo 31-April 01, 2011)

El Servicio Alemán de Intercambio Académico, DAAD (en alemán), ha apoyado financiera y logísticamente la realización de seminarios de ex-alumnos en temas muy importantes para promover la interacción del mundo académico e industrial con la sociedad.

Con la participación activa de más de 40 personas, una de las ceremonias de inauguración fue presidida por el Dr. Hanns Sylvester, Director de la Oficina del DAAD para México y Centro América y por el Dr. Vicente Borja-Ramírez, en representación del Prof. M.A. Gonzalo Guerrero, Director de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, como entidad anfitriona de ellos y la otra



Seminars and the other one by Ms. Franziska Goth, on behalf of the Director of the DAAD Office for Mexico and Central America and by Ms. Dr. Georgina Fernández-Villagómez, representing Prof. M.A. Gonzalo Guerrero-Zepeda, Director of the UNAM Faculty of Engineering.

por Franziska Goth, en representación del Director de la Oficina del DAAD para México y Centro América y por la Dra. Georgina Fernández-Villagómez, en representación del M.A. Gonzalo Guerrero-Zepeda, Director de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

For the First Seminar on Heavy Metals (March 31, 2011), the opening key note conference gave the frame for the activities: *Ecological effects of heavy metals in mining affected fresh water*. The conference was delivered by Dr. Dieter Lessmann, from the BTU Cottbus (Brandenburg University of Technology, located at Cottbus, Germany). For closing this first day, Dr. Peter Kuschik, from the Center of Environmental Studies Leipzig-Halle, delivered the conference: *Constructed wetlands for wastewater treatment – II. Removal of sulfur compounds, metals and metalloids (arsenic)*.



Alumni and Alumnae after the closing ceremony of the Heavy Metals KAS with our German experts: Dr. Peter Kuschik and Dr. Dieter Lessman / Ex-Becarios del DAAD después de la ceremonia de clausura del KAS de Metales Pesados con nuestros expertos alemanes: Dr. Kuschik y Dr. Dieter Lessman

Twelve Alumni and invited experts active in the heavy metals research participated delivering conferences in four Round Tables presenting their approach to this subject from different points of view, giving both interesting and provocative aspects of this subject.

Para el Primer Seminario sobre Metales pesados (Marzo 31, 2011), las actividades se iniciaron con una conferencia magistral que brindó el marco de referencia: *Efectos ecológicos de los metales pesados en agua de suministro afectada por la minería*. La conferencia fue sustentada por el Dr. Dieter Lessmann, de la Universidad Tecnológica de Brandemburgo, Cottbus, Alemania. Para la clausura del primer seminario, el Dr. Peter Kuschik, del Centro de Estudios Ambientales de Leipzig y Halle, impartió la conferencia: *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales – II. Remoción de compuestos azufrados, metales y metaloides (arsénico)*.



Opening ceremony in the UNAM Facultad de Ingeniería of the second KAS on Green Engineering with Dr. Hanns Sylvester / Ceremonia de inauguración en la Facultad de Ingeniería de la UNAM del segundo KAS sobre Ingeniería Verde con el Dr. Hanns Sylvester

Doce ex-alumnos de Alemania e invitados del área de la investigación sobre metales pesados participaron como conferencistas en cuatro Mesas Redondas como expositores presentando sus puntos de vista sobre esta temática, dando aspectos muy interesantes y, a la vez, provocativos, a través de sus contribuciones.



As a product of this Seminar and the one carried out the following day, the e-book is posted in the Web Page (<http://ambiental.unam.mx>) since June 2011. This publication is available to students, to colleagues of the productive, social, and services sectors, and to any interested person.

The dissemination of this book may become a paradigm for a more proactive way of carrying out the study and ethical use of HEAVY METALS to benefit the society when following the principles of GREEN ENGINEERING as it was seen in the following day (April 1, 2011).



Dr. Peter Kuschik, Dr. María del Refugio González (DAAD Alumna), Dr. Dieter Lessmann (Brandenburg University of Technology Cottbus–Senftenberg) with Dr. Hanns Sylvester, Regional Director of the DAAD Office for México and Central America during the first coffee break of the Seminar on Green Engineering / El Dr. Peter Kuschik, la Dra. María del Refugio González, Dr. Dieter Lessmann (de la Universidad Tecnológica de Bandemburgo) con el Dr. Hanns Sylvester, Director Regional del DAAD para México y América Central durante el primer receso del Seminario de Ingeniería Verde.

The most relevant outcomes of this seminar were:

Contributions to minimize the impact of mining activities.

Contributions to solve the severe problems of some Mexico's regions due to arsenic and other toxic elements in water supply

Como un producto de este Seminario y el realizado al día siguiente el libro-e está en la Página-e (<http://ambiental.unam.mx>) desde junio de 2011. Allí está disponible para estudiantes, para colegas ingenieros de los sectores productivo, social y de servicios y para cualquier persona interesada.

La disseminación de este libro puede convertirse en un paradigma de la forma más proactiva de realizar el estudio y los usos éticos de los METALES PESADOS para beneficio de la sociedad, siempre que se sigan los principios de la INGENIERÍA VERDE, como se vio al día siguiente (Abril 1, 2011).



Dr. Peter Kuschik and Dr. Carmen Durán at the end of his keynote conference for the Seminar on Green Engineering receiving his diploma /

El Dr. Peter Kuschik y la Dra. Carmen Durán al final de la conferencia magistral del Seminario de Ingeniería Verde recibiendo su diploma.

Los productos más relevantes de este seminario fueron:

Contribuciones para minimizar el impacto de las actividades de la minería.

Contribuciones para resolver la enorme problemática de México por la presencia de arsénico y otros elementos tóxicos en el agua de suministro



Third Small Seminar (April 13, 2012)



With the active participation of more than 40 people, with the opening ceremony presided by Dr. Hanns Sylvester, Director of the DAAD Office for Mexico and Central America and by Dipl.-Ing. Gonzalo López-de-Haro, representing Prof. M.A. Gonzalo Guerrero-Zepeda, Director of the UNAM Faculty of Engineering, the host institution for this Third Seminar in 2012 /

Con la participación activa de más de 40 personas, la ceremonia de inauguración fue presidida por el Dr. Hanns Sylvester, Director de la Oficina del DAAD para México y Centro América y por el Ing. Gonzalo López de Haro, en representación del Prof. M.A. Gonzalo Guerrero-Zepeda, Director de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, como entidad anfitriona de este III KAS en 2012.

The opening conference was delivered by Dr. Peter Kusch, from the UfZ-Leipzig Halle, with the subject: Trends in the research for constructed wetlands for wastewater treatment. Mrs. Dr. María-Teresa Alarcón-Herrera, from CIMAV Chihuahua, talked about germination of *Buchloe dactyloides* and *Cynodon dactylon* on polluted soil with mining residues /

La conferencia inaugural impartida por el Dr. Peter Kusch, del Centro de Estudios Ambientales de Leipzig-Halle, con el tema: Tendencias de la investigación sobre humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. La Dra. María-Teresa Alarcón-Herrera, del CIMAV de Chihuahua, habló sobre la germinación de dos pastos, *Buchloe*

Tercer Pequeño Seminario (Abril 13, 2012)



After the official opening ceremony of this Third Seminar on Green Engineering, a diploma was granted to Dr. Sylvester on behalf of all DAAD Alumni and Alumnae for his active support to devote part of his activities to improve the quality of life of all citizens irrespectively of their social status /

Después de la declaratoria inaugural de este Tercer Seminario sobre Ingeniería Verde, los ex-becarios del DAAD le dieron un diploma al Dr. Sylvester por su activo apoyo al dedicar una parte de sus actividades al mejoramiento de la calidad de vida de todos los ciudadanos independientemente de su status social.

The closing ceremony was presided by the three organizers, Mrs. Georgina Fernández-Villagómez, Mrs. María del Refugio González-Sandoval, and Mrs. María del Carmen Durán-de-Bazúa with the honorable presence of Mr. Hubertus von Römer, Scientific Attaché from the German Embassy in Mexico City (Photo in the next page) /

La ceremonia de clausura fue presidida por las tres organizadoras, las Dras. Georgina Fernández-Villagómez, María del Refugio González-Sandoval y María del Carmen Durán-de-Bazúa, acompañadas por la honorable presencia del Agregado Científico de la Embajada de la RFA en México, el Sr. Hubertus von Römer



dactyloides y Cynodon dactylon en suelos contaminados con residuos mineros.

Dr. Peter Kuschik and/y Mrs. Dr. María Teresa Alarcón



The most relevant outcomes of this seminar were:

Contributions to minimize the impact of sulfur, vanadium, and nickel from emissions of a thermoelectric (power) plant on orchards of mangoes in the Mexican Pacific area.

Contributions to minimize the impact of construction and demolition residues (Mexico is within seismic zones and these residues are always present as well as many other countries).

Fourth Small Seminar (April 8, 2013)

The opening ceremony was presided by, from left to right, Dr. Peter Kuschik from the Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, UfZ, key note speaker of the Seminar, Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, AvH scholar, and former Director of the Facultad de Química, UNAM, Mrs. Nadiana Zieger, in representation of Dr. Hanns Sylvester, Regional Director of the DAAD for Mexico and Central America, and Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, on behalf of the Organizer Committee of the DAAD Alumni International Seminar, as academic personnel of the UNAM, Faculty of

(Foto en la siguiente página)

Closing ceremony / Ceremonia de clausura



Los productos más relevantes de este seminario fueron:

Contribuciones para minimizar el impacto del azufre, el vanadio y el níquel emitidos por una planta termoeléctrica sobre huertos de mango en la costa del Pacífico mexicano.

Contribuciones para minimizar el impacto de los residuos de la construcción y la demolición (México está en zonas sísmicas y estos residuos están siempre presentes así como en muchos otros países).

Cuarto Pequeño Seminario (Abril 8, 2013)

La ceremonia de inauguración fue presidida, de izquierda a derecha, por el Dr. Peter Kuschik del Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, UfZ, conferencista magistral del Seminario, el Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, becario de la AvH y ex-Director de la Facultad de Química de la UNAM, la Sra. Nadiana Zieger, en representación del Dr. Hanns Sylvester, Director Regional del DAAD para México y América Central y la Profa. Dra.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, por el Comité Organizador del Seminario Internacional del DAAD como Alumna y académica de la Facultad de Química



Chemistry, the host institution, during the opening ceremony of the 4th Seminar on Green Engineering in 2013 (photograph below).

de la UNAM, entidad anfitriona del evento, durante la inauguración del IV Seminario de Ingeniería Verde en 2013 (fotografía abajo).



Dr. Peter Kuschik

The Opening Keynote Conference: Constructed



The second speaker was an invited researcher from the



wetlands design variants – hydroponic plant root mats and pulsing water level was delivered by Dr. Peter Kuschik, from UfZ-Leipzig. In the photo below he is accompanied by his “academic son”, Dr. Otoniel Carranza-Díaz, now profesor at Universidad Autónoma de Sinaloa, and an invited colleague during the Closing Cocktail Party (without alcoholic drinks) /

La Conferencia Magistral Inaugural: Variantes de diseño para humedales construidos o artificiales – zona radicular hidropónica y nivel pulsante de agua fue presentada por el Dr. Peter Kuschik. Académico invitado del Centro de Estudios Ambientales de Leipzig. Su “hijo académico”, el Dr. Otoniel Carranza-Díaz, ahora profesor de la Universidad Autónoma de Sinaloa y otro colega lo acompañan en el convivio de clausura (sin bebidas alcohólicas).



The most relevant outcomes of this seminar were:

Mrs. Dr. Carolina Peña-Montes presented the use of carboxylesterases from *Bacillus pumilus* in biocatalysis for the production of industrial important compounds. Dr. Miguel Ángel Ríos-Enríquez from Veracruz University talked about the use of tensoactive agents (surfactants) to improve the remediation procedures for contaminated soils /

La Dra. Carolina Peña-Montes habló sobre el uso of carboxilesterasas de *Bacillus pumilus* en biocatálisis para la producción de compuestos de importancia industrial. el Dr. Miguel Ángel Ríos Enríquez, de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad

National Institute for Ecology and Climatic Change (INECC, in Spanish), Mr. Miguel Ángel Martínez-Cordero, M.S., who presented the book National inventory of chemical substances: 2009 Data Basis. He attended on behalf the General Director of INECC, a former student of this Facultad de Química, UNAM /

El segundo conferencista fue el investigador invitado del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC, M. en C. Miguel Ángel Martínez-Cordero, quien presentó el libro Inventario nacional de sustancias químicas: Base de datos 2009, quien vino en representación del Director General del INECC, un egresado de esta Facultad de Química de la UNAM.



Los productos más relevantes de este seminario fueron:

Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, AvH scholar and and former Dean of the UNAM, Facultad de Química, and Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-de-Bazúa with the honorable presence of Mr. Hubertus von Römer, Scientific Attaché from the German Embassy in Mexico City closing the academic activities of the small seminar /

El Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, recipiendario de la beca AvH y ex-Director de la Facultad de Química y la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-de-Bazúa, acompañados por la honorable presencia del Agregado Científico de la



Veracruzana habló del uso de tensoactivos (surfactantes) para mejorar los procesos de remediación de suelos contaminados.

Embajada de la RFA en México, el Sr. Hubertus von Römer clausurando el pequeño seminario.

An intermezzo between the fourth and fifth seminars: The end of the year DAAD seminar for the farewell to Dr. Hanns Sylvester that was coming back to Germany (November 27, 2013):

Un intermedio entre el cuarto y quinto seminarios: El seminario del DAAD de fin de año para despedir al Dr. Hanns Sylvester que regresaba a Alemania (27 de noviembre de 2013):



Fifth Small Seminar (June 30, 2014)

Quinto Pequeño Seminario (Junio 30, 2014)



Opening ceremony of the 5th Seminar on Green Engineering with Dr. Peter Kusch from the Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, UfZ, keynote speaker of the Seminar, Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen

Dr. Peter Kusch during his last visit to Mexico after his Opening Ceremony Key Note Conference on Removal of Bacterial Cells from Domestic Sewage by Constructed Wetlands and Slow Sand Filters.



Durán-Domínguez-de-Bazúa, DAAD Alumna, Prof. Dr. Felipe Cruz-García, Academic Secretary of Research and Graduate Studies representing the Director of the Facultad de Química, UNAM, and Mr. Sergio Evert Islas-Pérez, in representation of Dr. Alexander Au, Regional Director of the DAAD for Mexico and Central America.

Ceremonia inaugural del V Seminario sobre Ingeniería Verde del DAAD con el Dr. Peter Kuschik del Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, UFZ, conferencista magistral del Seminario, la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, DAAD Alumna, el Prof. Dr. Felipe Cruz-García, Secretario Académico de Investigación y Posgrado representando al Director de la Facultad de Química de la UNAM y el Sr. Sergio Evert Islas-Pérez, en representación del Dr. Alexander Au, Director Regional del DAAD para México y América Central.



El Dr. Peter Kuschik durante su última visita a México después de ofrecer su Conferencia Magistral Inaugural sobre Remoción de células bacterianas de drenajes domésticos usando humedales construídos o artificiales y filtros lentos de arena.



After the closing ceremony Dipl.-Ing. Otto Plettner, Prof. Sergio Tirado, Mrs. Prof. Dr. Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, and Dr. Peter Kuschik from UfZ (The first floor of the Building E-3 Food and Environmental Chemistry in the back was part of a cooperation GTZ-UNAM) (The first floor of the building in the back was part of a cooperation GTZ-UNAM to start a laboratory for hazardous substances and residues) /

Después de la ceremonia de clausura el Dipl.-Ing. Otto Plettner, el Prof. Sergio Tirado, la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa y el Dr. Peter Kuschik del UfZ (el primer piso del Edificio E-3 de Alimentos y Química Ambiental atrás fue parte de la cooperación GTZ-UNAM para iniciar un



At the closing ceremony of the Seminar, the participants were attentive to the written message from Mr. Hubertus von Römer, Scientific Attaché of the German Embassy in Mexico up to June 1st 2014, read by Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (photograph taken in the farewell dinner at Mr. von Römer apartment in Mexico City on June 21, 2014) /

Al final del Seminario, los participantes estuvieron atentos al mensaje de despedida del Sr. Hubertus von Römer, Agregado Científico de la Embajada de la RFA en México hasta el 1º de junio de 2014, leído por la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (Fotografía de la cena de despedida en la



laboratorio para sustancias y residuos peligrosos).

The most relevant outcomes of this seminar were:

Contributions for using artificial wetlands as a sustainable option for wastewater treatment in rural communities: Production of bio-electricity and cleaner water.

Contributions for minimizing the impact of colorants of the textile industry to water bodies: Transnational enterprises that produce in Mexico under the maquila (A **maquiladora** [makilaˈðora] or **maquila** [maˈkila]) is a company that allows factories to be largely duty free and tariff free. These factories take raw materials and assemble, manufacture, or process them and export the finished product) **due to the very unexpensive hand labor and a more lax legislation.**

A sad notice would be coming in the following months ...

*Wenn Ihr mich sucht, sucht mich in Euren Herzen.
Habe ich dort eine Heimat gefunden,
so lebe ich in Euch gerne weiter.*

Your loving heart will always be with us.
Goodbye and Adiós.

Dr. Peter Kuschk

* 12. 9. 1955 † 14. 10. 2014

In liebevoller Erinnerung:

Sigrun Kuschk
Georg Kuschk und Maria Kuschk-Wright
im Namen aller Angehörigen

Gemeinsam nehmen wir Abschied am Donnerstag, dem 30. Oktober 2014, um 12.00 Uhr auf dem Nordfriedhof in Halle.

With deep sadness we learned about the unexpected departure of Dr. Peter Kuschk in October 14, 2014 due to a heart infarct. For all of us that had the fortune of knowing him was an irreparable loss.

Ciudad de México el 21 de junio de 2014).

Los productos más relevantes de este seminario fueron:

Contribuciones para usar humedales artificiales como una alternativa sustentable para el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales: Producción de bio-electricidad y agua más limpia.

Contribuciones para minimizar el impacto de los colorantes de la industria textil a los cuerpos de agua: Empresas transnacionales que maquilan en México por la mano de obra barata y la legislación más laxa (Maquila, del árabe hispánico *makīla*, y este del árabe clásico, *makīlah* 'cosa medida'. En Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras y México. Trabajo de manufactura textil parcial realizado por encargo de una empresa. Fábrica destinada a la maquila. Maquilar, verbo transitivo. En México importar materias primas, darles valor agregado y exportarlas).

Una triste noticia llegaría unos meses después...

In Memoriam
Dr. Peter Kuschk
1955 - 2014



*It is hard to lose a loved person,
but it was consoling to see,
how much love, friendship and respect
was shown to him.
Thanks to everybody,
that felt connected to us
and showed their sympathies in so
many different ways.*

Sigrun, Georg, Maria and Family

Con consternación y pena supimos de la muerte inesperada del Dr. Peter Kuschk el 14 de octubre de 2014 por un ataque cardíaco. Para todos los que lo conocimos fue una pérdida irreparable.



During the end of year Small Seminar organized by the DAAD Office in Mexico, I requested the permission to add to the name of these small seminars the words “in Honor of Dr. Peter Kuschik”. This permission was granted.

However, sadness continued since a very valuable person that was not yet 60 years old that still had so many important things to do to protect the environment was gone.

His students, his former students, his co-workers, and his colleagues, especially his family, we all still miss him.

En el pequeño seminario de fin de año organizado por la Oficina en México del DAAD solicité la autorización de que al nombre de nuestro pequeño seminario se le adicionaran las palabras “en Honor del Dr. Peter Kuschik”. La autorización fue concedida.

Sin embargo, la tristeza continuó ya que se iba una persona que no había llegado a los 60 años y que tenía todavía muchas cosas valiosas por hacer en beneficio del ambiente.

Sus alumnos, sus ex-alumnos, sus colaboradores y sus colegas, pero sobre todo su familia, lo extrañamos.

Sixth Small Seminar (June 5, 2015)



Just before starting the opening ceremony of the 6th Seminar on Green Engineering in Honor of Dr. Peter Kuschik, from left to right, Prof. Dr. Jorge Manuel Vázquez-Ramos, Director Director of the Facultad de Química, UNAM, the host institution, Mrs. Prof. Dr.-Ing. María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, DAAD Alumna, Dr. Uwe Kappelmeyer from the Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, UfZ, keynote speaker of the Seminar, and Mrs. Susanne Faber, representing Dr. Alexander Au, Regional Director of the DAAD for Mexico and Central America / De izquierda a derecha, Prof. Dr. Jorge Manuel Vázquez-Ramos, Mrs. Prof. Dr.-Ing. María-del-Carmen Durán, Dr. Uwe Kappelmeyer y Sra. Susanne Faber

Sexto Pequeño Seminario (Junio 5, 2015)



Opening ceremony: Presidium from left to right: Prof. Dr. Rodolfo Zanella-Specia, Mrs. Susanne Faber, Prof. Dr. Jorge Manuel Vázquez-Ramos, and Prof. Dr. Jorge Manuel Vázquez-Ramos / Declaratoria inaugural del VI Seminario de Ingeniería Verde en Honor del Dr. Peter Kuschik: De izquierda a derecha, el Prof. Dr. Rodolfo Zanella-Specia, Director del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM, la Sra. Susanne Faber, en representación del Dr. Alexander Au, Director Regional del DAAD para México y América Central, el Prof. Dr. Jorge Manuel Vázquez-Ramos, Director de la Facultad de Química de la UNAM, entidad anfitriona del evento, el Dr. Uwe Kappelmeyer, del Helmholtz Zentrum für Umwelt-



forschung, UfZ, conferencista magistral



The participants, around 35 persons were attentively following the keynote conference of Dr. Uwe Kappelmeyer, who belonged to Dr. Peter Kuschik research group. In the third line of seats from above towards below in the left extreme is Mr. Bernd Weidlich, Scientific Attaché of the German Embassy /

El público, alrededor de 35 participantes atentos con la conferencia magistral del Dr. Uwe Kappelmeyer. En la tercera fila de arriba para abajo en el extremo izquierdo está el Sr. Bern Weidlich, Agregado Científico de la Embajada de la RFA.



Although somewhat dark, the photo shows Mr. Bern Weidlich, Scientific Attaché of the German Embassy in Mexico, after he personally apologized for not being able to come in the evening for the closing ceremony of the Seminar. Mrs. Prof. Carmen Durán and Dr. Uwe Kappelmeyer are with him /

Aunque un poco oscura, en la foto el Sr. Bernd Weidlich, Agregado Científico de la Embajada de Alemania en la Ciudad de México, después de personalmente disculparse por no poder venir por la tarde a realizar la clausura oficial del Seminario. Lo acompañan la Profa. Carmen Durán y el Dr. Uwe Kappelmeyer.



During lunch time, from left to right, Dr. Antonio Jiménez, DAAD Alumnus from IER-UNAM, Dipl.-Ing. José Manuel Huerta, President of the SEMEX DAAD,



At the end of the Seminar, the DAAD Alumni and Alumnae, the AvH scholar, and the German keynote speaker were enjoying the almost summer climate in the



Prof. Enrique Bazúa, AvH Stipendiat, Ing. Otto Plettner, DAAD Alumnus, and Ing. Sergio Tirado, DAAD Alumnus from FI-UNAM / En el almuerzo, de izquierda a derecha, Dr. Antonio Jiménez, DAAD Alumnus del IER-UNAM, Ing. José Manuel Huerta, Presidente de la SEMEX DAAD, Prof. Enrique Bazúa, Recipiendario AvH, Ing. Otto Plettner, DAAD Alumnus, Dipl.-Ing. Sergio Tirado, DAAD Alumnus from FI-UNAM.

The most relevant outcomes of this seminar considering the Environment Day were:

Use of constructed or artificial hybrid wetlands as a sustainable alternative for the elimination of organic micropollutants of low molecular mass (known as endocrine disruptors).

Contributions to elucidate the mechanisms of electron transfer and the production of high value molecules employing technologies of microbial electrochemistry.

Seventh Small Seminar (August 5, 2016)

With the active participation of 21 Alumni/ae, 15 especially invited people, including some doctorate students, and undergraduate students, the opening ceremony was presided by Mr. Rüdiger Kappes, Wissenschaftsreferent of the Embassy in Mexico of the German Federal Republic, who addressed some welcoming words to the participants:



Dr. Peter Haase, representing the Director of the DAAD

University City /

Al final del Seminario, los ex-becarios del DAAD, el recipiendario de la Fundación AvH y el conferencista magistral alemán disfrutaron del clima casi veraniego de la Ciudad Universitaria:

From left to right / De izq. a derecha: Dra. Rosario Valencia, Dra. Carolina Peña, Prof. Dr. Enrique Bazúa, Dra. Virginia Martínez, Maestro Rolando García, Dr. Uwe Kappelmeyer, Dipl.-Ing. Sergio Tirado, Dipl.-Ing. Otto Plettner).

Los productos más relevantes de este seminario considerando el Día Mundial del Ambiente fueron:

Uso de humedales construidos o artificiales híbridos como una alternativa sustentable para la eliminación de microcontaminantes orgánicos de baja masa molecular (conocidos como disruptores endocrinos).

Contribuciones para elucidar los mecanismos de transferencia de electrones y la producción de moléculas de alto valor agregado empleando tecnologías de electroquímica microbiana

Séptimo Pequeño Seminario (Agosto 5, 2016)

Con la participación activa de 21 Alumni/ae, 15 invitados especiales, incluyendo a algunos estudiantes de doctorado y estudiantes de licenciatura, la ceremonia de inauguración fue presidida por el Sr. Rüdiger Kappes, Primer Secretario de Asuntos Científicos de la Embajada de la República Federal de Alemania, quien dirigió algunas palabras de bienvenida a la audiencia:



El Dr. Peter Haase, en representación del Dr.



Office for Mexico and Central America, Dr. Alexander Au, and Prof. Dr. Felipe Cruz-García, Academic Secretary for Research and Graduate Studies, representing the Director of the UNAM Faculty of Chemistry, the host institution for this Seminar also welcomed the attendants.

The academic coordinator, Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, DAAD Alumna, mentioned that this event was framed within two very important facts: The DUAL YEAR Mexico-Germany and the 100th Anniversary of the Foundation of the UNAM Facultad de Química. She mentioned that the activities were focused to Green Engineering as a tool to improve the quality of life of the society and to preserve the Earth for the future generations.

Alexander Au, Director de la Oficina del DAAD para México y Centro América y el Prof. Dr. Felipe Cruz-García, Secretario Académico de Investigación y Posgrado, representando al Director de la Facultad de Química de la UNAM, como entidad anfitriona para este Seminario, dieron la bienvenida a los participantes.

La coordinadora académica, la Profa. Dr.-Ing. María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, ex-becaria del DAAD, mencionó que este evento estaba enmarcado dentro de dos hechos muy importantes: El AÑO-DUAL México-Alemania y el 100° aniversario de la fundación de la Facultad de Química de la UNAM. También mencionó que las actividades estaban enfocadas a la Ingeniería Verde como instrumento para mejorar la calidad de vida de la sociedad y para preservar la Tierra para las generaciones futuras.



Prof. Dr. Lorenz Adrian, from the Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, UfZ, was the keynote speaker of the Seminar's opening ceremony. The conference title was: Microbial transformation of halogenated aromatics, its application and prediction. It was quite accepted and many questions were asked, especially because of the synthetic polymers polluting the environment (Photo in the next page).



El Prof. Dr. Lorenz Adrian del Centro Helmholtz para la Investigación Ambiental, UfZ, de Leipzig, fue el conferencista magistral inaugural del Seminario. El tema fue: Transformación microbiana de hidrocarburos halogenados, su aplicación y predicción. Su aceptación fue mayúscula y suscitó la formulación de preguntas debido al efecto de los polímeros sintéticos en el ambiente (Foto en la siguiente página).



The active participation of Alumni, Alumnae, invited people, including some doctorate students, and undergraduate students

La participación activa de Alumni y Alumnae, de invitados especiales, incluyendo a estudiantes de doctorado y de licenciatura

The most relevant outcomes of this seminar were:

Microbial transformation of halogenated aromatics, its application and prediction: A very important issue given the impact of synthetic polymers polluting the environment.

During the brunch / Durante el almuerzo o comida:

Ms. Prof. Dr. Alejandra Castro-González, DAAD Alumna, Prof. Dr. Gabriel Echávez-Aldape, DAAD Alumnus, Prof. Sergio Tirado-Ledesma, DAAD Alumnus, Dr. Víctor Manuel Menéndez, DAAD Alumnus, Prof. Constantino Gutiérrez, DAAD Alumnus

Los productos más relevantes de este seminario fueron:

Transformación microbiológica de compuestos aromáticos halogenados, su aplicación y predicción: Un tema muy importante dado el impacto de los polímeros sintéticos contaminando el ambiente.



Eighth Small Seminar (June 16, 2017)

The opening ceremony was presided by el Prof. Dr. Carlos Mauricio Castro Acuña, representing the Director of the UNAM Faculty of Chemistry, the host institution for this Seminar, Prof. Jorge Manuel Vázquez-Ramos.

Starting the 2015 Seminar its name has included “in Honor of Dr. Peter Kuschik”, who was the honor opening key note speaker of four of the five seminars. One of his coworkers, Dr. Uwe Kappelmeyer, delivered the seminar opening conference for 2015, and Prof. Dr. Lorenz Adrian also from UfZ Leipzig the keynote conference in 2016. This year 2017, unfortunately, the funds we could allocate through our graduate program in chemical Sciences were insufficient to cover the plane ticket since the cost increased a lot from one month to the next one. Thus, the keynote opening conference was delivered by an expert and esteemed colleague from the UNAM Center for Atmospheric Science, Prof. Dr. José Agustín García-Reynoso.



Prof. Dr. Agustín García, Keynote Speaker, Prof. Dr. Mauricio Castro, Academic Secretary of the UNAM, Facultad de Química, Mrs. Prof. Dr. Carmen Durán, academic responsible of the KAS

Octavo Pequeño Seminario (Junio 16, 2017)

La ceremonia de inauguración fue presidida por el Prof. Dr. Carlos Mauricio Castro Acuña, en representación del Director de la Facultad de Química de la UNAM, como entidad anfitriona, el Prof. Dr. Jorge Manuel Vázquez-Ramos.

A partir del Seminario de 2015 se incluyó en el nombre “en Honor del Dr. Peter Kuschik”, quien fuera el conferencista magistral de cuatro de los cinco seminarios previos. Uno de sus colaboradores, el Dr. Uwe Kappelmeyer, impartió la conferencia magistral de apertura del seminario de 2015 y el Prof. Dr. Lorenz Adrian, también investigador del UfZ en Leipzig, impartió la conferencia magistral de 2016. Este año, tristemente, los fondos que logramos conseguir para la adquisición de su pasaje aéreo fueron insuficientes ya que el costo aumentó de un mes al siguiente haciendo imposible su adquisición. Por ello, la conferencia magistral de inauguración fue impartida por un estimado colega del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, el Prof. Dr. José Agustín García-Reynoso.



Giving some interesting arguments, Mrs. Dr. Estrella Avila, DAAD Alumna, after the Keynote Conference / La Dra. Estrella Ávila, DAAD Alumna, dando algunos argumentos interesantes en la conferencia magistral



During the coffee break, two DAAD Alumnae, Prof. Dr. Carolina Peña and Prof. Dr. Carmen Durán, were joined by Ms. Dr. María Guadalupe Salinas, an invited academic scholar expert in the production of bioelectricity for rural communities while cleaning wastewaters using natural reeds systems, and Mrs. Norma Castro and Mrs. Landy Ramírez from the organizing team.

Durante el receso de café, dos ex-becarias del DAAD, Carolina Peña y Carmen Durán, saludaron a María Guadalupe Salinas, académica invitada y experta en la producción de bioelectricidad para comunidades rurales al tratar sus aguas residuales usando sistemas naturales de plantas acuáticas, así como a la Sra. Norma Castro y a la M. en A.I. Landy Ramírez del comité organizador.

The Second Round Table was moderated by Prof. Dr. Gerardo Reyes-Guzmán from El Colegio de Tlaxcala, and he is part of the Center of Studies in Regional Development and Economical Analysis, CEDRAE. He is a DAAD Alumnus.

The panelists were Mrs. Dr. Adriana Roé and Prof. Dr. Enrique Navarro, invited scholars, and Prof. Dr. Gabriel Echávez, DAAD Alumnus / Participaron en ella la Dra. Adriana Roé, el Prof. Dr. Enrique Navarro y el Prof. Dr. Gabriel Echávez, siendo los dos primeros invitados académicos y el tercero ex-becario del DAAD.



The First Round Table was chaired by Mrs. Prof. Dr. Carolina Peña-Montes, a DAAD Alumna, who belongs to the Unit for Research and Development of Foods at the Veracruz Institute for Technology, Mexico. The three panelists discussed about wastewater treatment systems for different scenarios: Dr. Leonel Amábilis, Ms. Dr. María G. Salinas, and Prof. Luis Alberto Peralta-Peláez /

La Primera Mesa Redonda fue moderada por la Profa. Dra. Carolina Peña-Montes, Alumna del DAAD, quien pertenece a la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz, México. Los tres panelistas discutieron acerca de sistemas de tratamiento de aguas residuales para distintos escenarios: Dr. Leonel Amábilis, Dra. María G. Salinas y Prof. Dr. Luis Alberto Peralta-Peláez.

La Segunda Mesa Redonda fue moderada por el Prof. Dr. Gerardo Reyes-Guzmán de El Colegio de Tlaxcala, donde es parte del Centro de Estudios en Desarrollo Regional y Análisis Económico, CEDRAE. Él es ex-becario del DAAD.

The Third Round Table was chaired by Prof. Dr. Otoniel Carranza-Díaz, participating, one DAAD Alumnus, Prof. Dr. Gerardo Reyes-Guzmán, and two invited scholars, Dr. José Manuel Barrera-Andrade, and Ms. Zulma Otálora, M.S., representing the DAAD Alumnus Prof. Constantino Gutiérrez-Palacios.



The conference delivered by Prof. Dr. Gerardo Reyes-Guzmán, DAAD Alumnus from El Colegio de Tlaxcala, who as it was mentioned before when talking about his important moderation of the Second Round Table he belongs to the Center of Studies in Regional Development and Economical Analysis, CEDRAE, opened an extraordinarily interesting discussion with the audience since besides his conference he presented a video on the subject entitled *Poverty Diagnosis in the Northern Forest Of Puebla, Mexico: Huehuetla and Hueytalpan*. Fortunately, he was very kind and sent us an extended document on his presentation, so the readers may really corroborate its importance accessing section Courses and seminars of the Web Page <http://www.ambiental.unam.mx>

as well as the Fourth Round Table of the Small Academic Seminar.

The Closing Key Note Conference was delivered by Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, former Director of the UNAM Faculty of Chemistry and Fellow of the Alexander von Humboldt Stiftung in the University of Heidelberg, at its Institute of Physical Chemistry. The subject, quite *ad hoc* for this Seminar, was on Thermodynamics and sustainability giving interesting data on the importance of the basic principles of thermodynamics established since the 19th Century for sustainable development not only in Mexico but all over the world.



La conferencia del Prof. Dr. Gerardo Reyes-Guzmán, DAAD Alumnus de El Colegio de Tlaxcala, quien como se mencionó antes cuando se habló sobre su importante moderación de la Segunda Mesa Redonda pertenece al Centro de Estudios en Desarrollo Regional y Análisis Económico, CEDRAE, dio la pauta para una extraordinariamente interesante discusión con la audiencia ya que además de la conferencia dio un video sobre el tema intitulado *Diagnóstico de Pobreza en La Sierra Norte de Puebla, México: Huehuetla y Hueytalpan*. Afortunadamente, él tuvo la gentileza de proporcionarnos un documento extenso sobre ella, para que los lectores puedan realmente constatar su importancia consultando el libro electrónico de este Pequeño Seminario Académico del DAAD en la sección Cursos y seminarios organizados de la Página-e <http://www.ambiental.unam.mx> así como la última Mesa Redonda.

La conferencia magistral de clausura fue impartida por el Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, ex-Director de la Facultad de Química de la UNAM y beneficiario de la beca de la Fundación Alexander von Humboldt en la Universidad de Heidelberg, en el Instituto de Físicoquímica. Su tema, muy *ad hoc* para este seminario, fue sobre Termodinámica y sustentabilidad dando datos muy interesantes sobre la importancia de los principios básicos de la termodinámica establecidos desde el siglo XIX para el desarrollo sustentable no solamente de México sino de todo el mundo.



The closing ceremony was presided by the organizer, Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, DAAD Alumna. She informed the audience, that Mr. Rüdiger Kappes, Wissenschaftsreferent of the German Embassy in Mexico, had a personal responsibility representing the Ambassador of Germany in Mexico and for that reason he could not accompany the participants as in the previous year. He took the opportunity to wish all the best to the Seminar participants. Afterwards, a conviviality meeting took place where the participants had a chance to know each other better and to interact.



The most relevant outcomes of this seminar were:

Social contributions: *Diagnostics of poverty in La Sierra Norte de Puebla: Huehutla y Hueytlalpan.*

Contributions to directly use solar energy: *Sensitized solar cells using colorants (DSSC) in order to degrade complexes metal-cyanides reducing pollution.*

All the Alumni and Alumnae were just thinking about the annual break for our academic and/or professional activities when we received some truly sad news: Dr. Hanns Sylvester had passed away November 30, 2017.

La ceremonia de clausura fue presidida por la organizadora, la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, DAAD Alumna. Ella informó que el Sr. Rüdiger Kappes, Primer Secretario de Asuntos Científicos de la Embajada de la República Federal de Alemania, tuvo una responsabilidad personal representando al Embajador de Alemania en México y que, por esa razón, no podía acompañar a los participantes como el año anterior. Aprovechó la oportunidad para desear a todos los participantes del Seminario lo mejor en este evento académico. Después, se inició el convivio donde los participantes tuvieron la oportunidad de conocerse mejor y conversar.



Los productos más relevantes de este seminario fueron:

Contribuciones sociales: Diagnóstico de la pobreza en La Sierra Norte de Puebla: Huehutla y Hueytlalpan.

Contribuciones para aprovechar la energía solar: Celdas solares sensibilizadas con colorantes (DSSC) y para degradar complejos metal-cianuro reduciendo la contaminación.

Estábamos todos los ex-becarios pensando en la terminación de nuestras actividades académicas y/o profesionales anuales cuando nos llegó una noticia verdaderamente triste. El Dr. Hanns Sylvester había fallecido el 30 de noviembre de 2017.



In Liebe und Dankbarkeit nehmen wir Abschied von

Hanns Sylvester

* 13. August 1955 † 30. November 2017



Wir vermissen dich!
Susanne
Johannes und Anja
Julian und Hannah
 sowie alle Angehörigen

Traueranschrift: Susanne Winkler-Sylvester
 c/o Bestattungen Nolden, Mühlenstraße 26, 53332 Bornheim
 Die Trauerfeier ist am Freitag, dem 8. Dezember 2017, um 14.00 Uhr
 in der evangelischen Markuskirche, Rösberger Straße 35, 53332 Born-
 heim-Hemmerich.
 Statt freundlich zugedachter Blumen und Kränze bitten wir um eine
 Spende zu Gunsten der Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiff-
 brüchiger; IBAN: DE78 2905 0000 1070 0220 29 bei der Bremer
 Landesbank, Stichwort: Hanns Sylvester.



Tief erschüttert und mit großer Trauer nehmen wir Abschied von unserem sehr ge-
 schätzten Mitarbeiter und Kollegen.

Dr. Hanns Sylvester

* 13. August 1955
 † 30. November 2017

der nach schwerer Krankheit verstorben ist.

Wer das Glück hatte, mit Hanns Sylvester zusammenzuarbeiten und mit ihm zu bera-
 ten, wird seine herzliche, konstruktive und bescheidene Art vermissen.

Hanns Sylvester hat über 20 Jahre für den DAAD gearbeitet. Nach seiner Rückkehr
 aus Mexiko, wo er über 4 Jahre lang das Auslandsbüro des DAAD geleitet hatte, war er
 zuletzt Direktor der Nationalen Agentur für die EU-Hochschulzusammenarbeit. Er hat
 sich dieser Aufgabe mit derselben Leidenschaft angenommen wie früher der Leitung
 des Auslandsbüros und der Entwicklungszusammenarbeit. Für Europa, seinen inneren
 Zusammenhalt und seine Verantwortung in der Welt hat er sich in schwierigen Zeiten
 mit sehr großem Engagement eingesetzt.

Unser tiefes Mitgefühl gilt seiner Familie und seinen engen Freunden.

Prof. Dr. Margret Wintermantel
Präsidentin

Dr. Dorothea Rüland
Generalsekretärin

Ruth Eberlein
Vors. des Gesamtbetriebsrats

We started to inquire since he was always so lively, so positive, and content, that we almost thought it was a mistake. Unfortunately, it was true.



In two round tables with colleagues from different institutions.

Algunos de nosotros preguntamos si no habría un error ya que él era tan animado, tan positivo, tan contento con la vida. Desafortunadamente era cierto.



En mesas redondas con colegas de diferentes instituciones.



A very sad ending for 2017 ...

Un final de año muy triste para 2017 ...

Ninth Small Seminar (June 8, 2018)

With the active participation of 18 Alumni and Alumnae, and 45 especially invited people, including networks participants, some doctorate, masters, and professional students, etc., totaling 63 registered attendants, the opening ceremony was presided by Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, representing the Director of the UNAM Faculty of Chemistry, the host institution for this Seminar, Prof. Jorge Manuel Vázquez-Ramos, by Mr. Oliver Knoerich, Section Director, Wirtschafts- abteilung, Deutsche Botschaft, and by Prof. Dr. Amado Enrique Navarro-Frómeta as Executive Secretary of the Technical Academic Committee of the Conacyt Theme Network Management of Quality and Availability of Water.

Noveno Pequeño Seminario (Junio 8, 2018)

Con la participación activa de 18 Alumni y Alumnae y 45 invitados especiales, incluyendo a participantes de las redes, estudiantes de doctorado, maestría y de formación profesional, etc., totalizando 63 participantes registrados, la ceremonia de inauguración fue presidida por la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, en representación del Director de la Facultad de Química de la UNAM, como entidad anfitriona, el Prof. Dr. Jorge Manuel Vázquez-Ramos, por el Sr. Oliver Knoerich, Director de la Sección de Economía y Asuntos Globales de la Embajada de la República Federal de Alemania y por el Prof. Dr. Amado Enrique Navarro-Frómeta, Académico invitado y Secretario Ejecutivo del Comité Técnico Académico de la Red Temática del Conacyt Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua.



Mr. Oliver Knoerich welcomed the attendance of the DAAD Alumni and Alumnae and the invited scholars to this ninth Edition of the Small Academic Seminar on Green Engineering, KAS en alemán.



Prof. Navarro

El Sr. Oliver Knoerich dio la bienvenida oficial a todos los ex-becarios del DAAD y a los invitados especiales que participaron en esta novena edición del pequeño Seminario Académico sobre Ingeniería Verde, KAS en alemán.



Concerning the keynote opening conferences for last year and this year have been delivered by Mexico's experts. In 2017 an esteemed colleague from the UNAM Center for Atmospheric Sciences presented it. Now in 2018, Prof. Navarro-Frómata from the UTIM, was the keynote speaker.

In the opening ceremony Prof. Navarro-Frómata mentioned the importance of the academic cooperation among institutions, that is the objective of the topic networks supported by the Mexico's National Council for Science and Technology, since not only the optimization of the use of the infrastructure is a key point but the interaction among specialists of different knowledge fields looking for short term solutions to the problems associated to the quality and availability of water, necessary for the survival of living organisms including humans in our planet. Thanks to his leadership, several projects have been launched on these vital topics.

The First Round Table on Natural Systems for Water Protection was chaired by Mrs. Dr. Carolina Peña-Montes, a DAAD Alumna, who belongs to the Unit for Research and Development of Foods at the Veracruz Institute for Technology, Mexico / La Primera Mesa Redonda sobre Sistemas naturales para la protección del agua fue moderada por la Dra. Carolina Peña-Montes, Alumna del DAAD, quien pertenece a la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz, México: Dr. Leonardo Tenorio Fernández, Ms. Dr. María Guadalupe Salinas-Juárez, Prof. Dr. Luis Alberto Peralta-Peláez, Mrs. Prof. Dr. Carolina Peña-Montes (Photo below / Foto abajo).



Con respecto de las conferencias magistrales de inauguración el año pasado y éste han sido impartidas por expertos mexicanos. En 2017, por un estimado colega del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y este año 2018 el conferencista magistral fue el Prof. Navarro-Frómata de la UTIM.

El Prof. Navarro-Frómata señaló en la ceremonia inaugural la importancia de la colaboración académica entre instituciones, que es la base de las redes temáticas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, ya que permite optimizar no solamente el uso de la infraestructura sino también de la interacción entre los especialistas de diferentes campos del conocimiento lo que permite buscar soluciones aplicables en el corto plazo a la problemática planteada en el caso de la red que él preside sobre la calidad y disponibilidad del preciado líquido para la supervivencia de los seres vivos, entre ellos los humanos, en nuestro planeta.

The Second Round Table on Green chemistry and engineering and the society was chaired by Mrs. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, DAAD Alumna from UNAM, and part of the Facultad de Química. The speakers were Prof. Dr. Camiel Janssen, Dr. Otoniel Carranza-Díaz, and Prof. Dr. Carolina Peña (Photos below) / La Segunda Mesa Redonda sobre Química e ingeniería verdes y la sociedad fue moderada por la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, DAAD Alumna de la UNAM, donde colabora en la Facultad de Química. Los conferencistas fueron el Prof. Dr. Camiel Janssen, el Dr. Otoniel Carranza-Díaz y la Profa. Dra. Carolina Peña (Fotos abajo).





During the brunch



After the brunch (comida) as the Mexicans call this meal, the academic activity started with the Third Round Table of Experts on Green chemistry and engineering and the environment, chaired by Prof. Dr. Otoniel Carranza-Díaz, DAAD Alumnus, from the Universidad Autónoma de Sinaloa in Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

The first conference of this Round Table was presented by and Invited Scholar from the fraternal institution, the National Polytechnical Institute, Dr. in Eng. José Manuel Barrera-Andrade. His topic was Cyanide photocatalytic degradation using ZnO as catalyst. As in his previous conferences this one also dealt with the subject of the use of the advanced oxidation processes, a very important green technology. The discussion was interesting and enriching. This aspect was especially important since many transnational companies carry out the exploitation of mineral products in countries where environmental regulations are somewhat lax, as it happens in Mexico, leaving its pollutants in our rivers and other natural resources (Photo en the next page, left).

Dr. Antonio Esteban Jiménez-González, DAAD Alumnus from the Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Energías Renovables, of Temixco, Morelos, Mexico, following the trend of the other two experts, delivered a conference on the synthesis of TiO_2 and TiO_2 doped with iron using a sol-gel/hydrothermal process and its application for the photocatalytic degradation of azo dyes with solar radiation. These chemical compounds, that are widely used for textiles in the state of Morelos, Mexico, are being studied due to the fact that many azo dyes and their reductively cleaved products as well as chemically related aromatic amines

Durante el almuerzo



Después del almuerzo, comida como llaman los mexicanos a esta comida, se inició la actividad académica con la Tercera Mesa Redonda de Expertos sobre Química e ingeniería verdes y el ambiente moderada por el Prof. Dr. Otoniel Carranza-Díaz, DAAD Alumnus, de la Universidad Autónoma de Sinaloa en Mazatlán, Sinaloa, México.

La primera conferencia de esta Mesa Redonda fue presentada por un académico invitado de la institución fraterna, el Instituto Politécnico Nacional, el Dr. en Ing. José Manuel Barrera-Andrade. Su tópico fue la Degradación fotocatalítica de cianuros usando ZnO como catalizador. Trató en esta ocasión la temática del uso de los procesos de oxidación avanzada, una tecnología verde importantísima. La discusión fue muy interesante y enriquecedora. Este aspecto resultó especialmente importante porque muchas firmas transnacionales realizan la explotación de productos minerales en los países donde la legislación ambiental es laxa, como ocurre en México, dejando en nuestros ríos y otros recursos naturales sus contaminantes (Foto en la siguiente página a la izquierda).

El Dr. Antonio Esteban Jiménez González, DAAD Alumnus de la Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Energías Renovables, de Temixco, Morelos, México, siguiendo la temática de los dos expertos anteriores, dio una conferencia sobre la síntesis del TiO_2 y de TiO_2 dopado con hierro por medio de un proceso sol-gel/hidrotermal y su aplicación en la degradación fotocatalítica con radiación solar de un colorante azo. Estos productos químicos que son ampliamente usados en la industria textil del estado de Morelos, México, están siendo estudiados debido a que muchos de ellos y sus derivados reducidos



are reported to affect human health, causing allergies and other human maladies when polluting surface and ground water become contaminated with these dyes, particularly those use for denim (Photobelow, right).

químicamente así como las aminas aromáticas relacionadas se han asociado con afectaciones de salud en personas en contacto con aguas, tanto superficiales como subterráneas, contaminadas con ellos, ya que causan desde alergias hasta otros males más graves (Foto abajo a la derecha).



Dr. José Manuel Barrera-Andrade (IPN-ESIQIE)

This discussion brought comments, particularly from the colleagues of the Topic Network from CONACYT, on the problems that might confront Mexico if the governmental authorities are not alerted about the effects of the possible exploitation of lutites, known as shale gas, using the fracturing methods or “fracking”. Taking an article published in 2015 at UNAM: “Precisely, information from abroad has established that Mexico in its territory of prospective resources lutites gas or shale gas. Based on these studies it has been said that these resources may contribute to a better energy supply favorably impacting in the local and national development” (Ángel de-la-Vega-Navarro and Jaime Ramírez-Villegas, 2015)⁵, this point of view would look as “a solution or remedy for all difficulties” for PEMEX but it might become the “Eden’s forbidden fruit” with environmental problems to water, soil, and atmosphere.



Dr. Antonio Esteban Jiménez-González, DAAD Alumnus

Esta discusión llevó a comentar, particularmente por parte de los colegas de la Red Temática del CONACYT, sobre los problemas que podría enfrentar México si no se alerta a las autoridades gubernamentales de los efectos que trae consigo la posible explotación de gas de lutitas usando los métodos de fractura, conocidos coloquialmente como “fracking”. Tomando una cita de 2015 publicada en la UNAM: “Precisamente, información proveniente del exterior ha colocado a México en un lugar importante en cuanto a la existencia en su territorio de recursos prospectivos del gas de lutitas o shale gas. Con base en ello se ha dicho que esos recursos pueden contribuir a un mejor suministro energético e impactar favorablemente el desarrollo nacional y local” (Ángel de-la-Vega-Navarro y Jaime Ramírez-Villegas, 2015)⁵, pareciera como una panacea para los problemas de la empresa Petróleos Mexicanos pero es realmente una “manzana del jardín del Edén” que traería enormes males ambientales,

⁵ El gas de lutitas (Shale Gas) en México. Recursos, explotación, usos, impactos / Shale Gas in Mexico. Resources, Exploitation, Uses and Impacts. Economía UNAM. 12(34):79-105. Página-e/Web Page: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1665952X15300062>



desde el agua, el suelo y la atmósfera.

Very interestingly, other authors go exactly in the opposite trend, mentioning that if we do not take into account the negative experiences of the United States we will commit the same mistakes instead of learning from them (Fernando Castro-Alvarez, Peter Marsters, Diego Ponce-de-León-Barido, Daniel M. Kammen, 2017)⁶. It is necessary to avoid this “Projects for Death” (Letizia Silva-Ontiverosa, Paul G. Munrob, Maria de Lourdes Melo-Zurita, 2018)⁷.

This is what it is occurring with the mining exploitation that sadly every day causes deaths, desolation, and pollution to the Mexican people whereas foreign companies, with the complacency of the present Mexican governmental authorities, due to the constitutional change of 1988-1994, take to their countries thousands of tons of gold, silver, copper, and other valuable resources, leaving only pollution in the environmental spheres of Mexico and affecting the neighboring communities (Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, Marisela Bernal-González, Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, María Irene Cano-Rodríguez, María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Rolando Salvador García-Gómez, Landy Irene Ramírez-Burgos, Irina Salgado-Bernal, Salvador Alejandro Sánchez-Tovar, Julio Alberto Solís-Fuentes, 2018).⁸

Since our acts should be homologated with those of the signed treaties that Mexico has signed, our government should comply with them to protect human lives and those of other living organisms that share the environment with us. Our representatives should study in their different commissions these cases and do not approve anything until having the dictaminations of experts groups that have no compromises of any kind with the enterprises be national or foreign. Lobbying must be prohibited in México.

De manera interesante otros autores señalan justo lo contrario y que si no tomamos las experiencias negativas de los Estados Unidos caeremos en los mismos errores en vez de aprender de ellas (Fernando Castro-Alvarez, Peter Marsters, Diego Ponce-de-León-Barido, Daniel M. Kammen, 2017)⁶. Es necesario evitar estos “Proyectos de Muerte” (Letizia Silva-Ontiverosa, Paul G. Munrob, Maria de Lourdes Melo-Zurita, 2018)⁷.

Esto es lo que está ocurriendo con la explotación minera que, tristemente, todos los días causa muertes, desolación y contaminación a los mexicanos mientras los extranjeros a través de sus empresas, con la complacencia de las autoridades gubernamentales actuales, producto del cambio constitucional del tristemente célebre sexenio 1988-1994, se llevan miles de toneladas de oro, plata, cobre y otros recursos valiosos, dejando en México solamente contaminación en todas las esferas ambientales y afectando a las comunidades aledañas (Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, Marisela Bernal-González, Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, María Irene Cano-Rodríguez, María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Rolando Salvador García-Gómez, Landy Irene Ramírez-Burgos, Irina Salgado-Bernal, Salvador Alejandro Sánchez-Tovar, Julio Alberto Solís-Fuentes, 2018).⁸

Dado que nuestras leyes debieran estar homologadas con esos tratados firmados por México nuestro gobierno debe cumplirlas para proteger las vidas humanas y las de las especies vivas que comparten el entorno con nosotros. Nuestros representantes deberán estudiarlas en sus diferentes comisiones y no aprobar nada antes de tener los dictámenes de los ciudadanos expertos que no tengan compromisos de ningún tipo con las empresas involucradas, sean nacionales o extranjeras. El cabildeo debe prohibirse en México.

⁶ Sustainability lessons from shale development in the United States for Mexico and other emerging unconventional oil and gas developers. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Article in press (August 22, 2017). Página-e/Web Page: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.082>

⁷ *Proyectos de Muerte: Energy justice conflicts on Mexico's unconventional gas frontier.* The Extractive Industries and Society. Article in press (June 21, 2018). Página-e/Web Page: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.06.010>

⁸ Mining industry in Mexico: Recycling of flotation effluents to the process using anaerobic sulfate-reducing consortia in UASB reactors coupled with artificial wetlands for the elimination of dissolved metals, a social solution to the use of water. Red Temática CONACYT Gestión de la calidad y disponibilidad del agua. Elena María Otazo-Sánchez, Amado Enrique Navarro-Frómata, Eds. Springer Verlag. Capítulo en publicación/Chapter in print



At the end of the Round Tables of Experts, the last conference had the fortunate participation of a Mexican entrepreneur that wishes to establish academic cooperation with universities to diversify his market of wastewater treatment plants. Mario F. Sandoval-Zúñiga, owner of SPARTAN (<http://www.spartanmexico.com.mx/>), from Jiutepec city, in Morelos, Mexico, was the special invited person. He gave some examples of the products that he offers, such as the sustainable energy tower and others for tequila manufacturers, for hotels, etc., and the possibilities of expansion through cooperation with universities. Two examples were given: Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, located in the state of Puebla, and Universidad Nacional Autónoma de México.

Mrs. Prof. Dr. Georgina Fernández, DAAD Alumna from UNAM, Faculty of Engineering, was the Chairperson for the Fourth and last Round Table of Experts dealing with Green chemistry and engineering and education (Photo below).



The Closing Key Note Conference was delivered by Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, former Director of the UNAM Faculty of Chemistry and Fellow of the Alexander von Humboldt Stiftung in the University of Heidelberg, at its Institute of Physical Chemistry. The subject was on “Solar energy for citizens use, advanced systems at affordable costs for the production of electric energy for households” giving interesting data on the importance of the reduction of the prices of the systems to provide photovoltaic electric energy, from 7.06 USD in 2005 to 2.93 USD in 2015 for households that consume 5.6 kW (figures for the U.S.).

Para terminar con las mesas redondas de expertos, en la última conferencia se tuvo la afortunada participación del propietario de una empresa mexicana que desea entablar cooperación académica con las universidades para diversificar su mercado de plantas de tratamiento de agua. Mario F. Sandoval-Zúñiga, propietario de SPARTAN (<http://www.spartanmexico.com.mx/>), de la ciudad de Jiutepec, en Morelos, México, fue el invitado especial. Mostró algunos ejemplos de sus productos, como la torre energética sustentable y otros para productores de tequila, para hoteles y las posibilidades de expansión a través de la cooperación con universidades. Dio dos ejemplos: la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, en el estado de Puebla y la Universidad Nacional Autónoma de México.

La Profa. Dra. Georgina Fernández-Villagómez, DAAD Alumna de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, fue la moderadora de la Cuarta y última Mesa Redonda de Expertos sobre Química e ingeniería verdes y la educación (Foto abajo a la izquierda).



La conferencia magistral de clausura fue impartida por el Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, ex-Director de la Facultad de Química de la UNAM y beneficiario de la beca de la Fundación Alexander von Humboldt en la Universidad de Heidelberg, en el Instituto de Físicoquímica. Su tema fue sobre “La energía solar al servicio de los ciudadanos, sistemas avanzados a costos razonables para la producción de energía eléctrica en casas habitación” dando datos muy interesantes sobre la importancia de la reducción de los precios de los sistemas de energía eléctrica fotovoltaica, que van de 7.06 USD en 2005 a 2.93 USD en 2015 para casas



Prof. Bazúa gave an example for Mexico indicating that the same trend is happening: Cost of installation in Mexican Pesos for November 2010: Investment of 192,215 and in December 2017: Investment of 129,965, with savings of 62,250.

This conference also raised some comments from the participants on the need of reconsidering the use of oil, and of course, lutites gas, when Mexico has such excellent solar energy availability.

The closing ceremony declaration was delivered by the former Director of the host institution, Prof. Enrique Rodolfo Bazúa Rueda, Ph.D., Alexander von Humboldt Stiftung Universität Heidelberg Scholar.

Remembering the passing away of the very well loved and respected Dr. Hanns Sylvester, Prof. Bazúa reminded to the attendants about those qualities that made his stay in Mexico quite welcome, and he recommended the organizers to carry out the next seminar as a homage for him. With this the Ninth Seminar on Green Engineering was concluded.



A photograph at the Colegio de México with the DAAD Alumni and Alumnae and the Alexander von Humboldt scholars with Dr. Hanns Sylvester.

Una fotografía en el Colegio de México con ex-becarios del DAAD y beneficiarios de la Fundación Alexander von Humboldt con el Dr. Hanns Sylvester

habitación que consumen 5.6 kW (datos de los EE.UU.). El Prof. Bazúa señaló que esto mismo está ocurriendo en México: Costo de instalación en pesos mexicanos de noviembre de 2010: Una inversión de 192,215 y en diciembre de 2017: Una inversión de 129,965, con un ahorro de 62,250.

Esta conferencia también produjo comentarios de los participantes sobre reconsiderar el uso de petróleo y del gas de lutitas, cuando México tiene una disponibilidad de energía solar excelente.

La declaración de clausura la hizo el ex-Director de la Facultad de Química, el Prof. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, Ph.D., beneficiario de la Fundación Alexander von Humboldt en la Universidad de Heidelberg.

Recordando la desaparición del muy estimado Dr. Hanns Sylvester, el Prof. Bazúa habló de todas las cualidades que lo hicieron muy querido en México recomendando a los organizadores realizar para él un homenaje en el siguiente seminario. Con ello se dio por terminado el Noveno Seminario sobre Ingeniería Verde.



Another photograph with Dr. Hanns Sylvester and colleagues (courtesy of Mrs. Prof. Dr. Sandra Leticia López-Varela, then President of the AvH Club in Mexico)

Otra fotografía de una reunión con el Dr. Hanns Sylvester y varios colegas (cortesía de la Profa. Dra. Sandra Leticia López-Varela, entonces presidenta del Club AvH en México)



Afterwards, a conviviality time considering the nice weather and the refreshing non alcoholic drinks that must be served within the UNAM campus was welcome by the participants.



Tenth and last Small Seminar (June 7, 2019)

For today's last Seminar we hope the participation of about 15 DAAD Alumni and Alumnae, as well as some invited scholars and students. We hope all of them enjoy this homage to Drs. Peter Kuschik and Hanns Sylvester considering the life and academic inheritance that both of them left to all of us. To apply science, technology and innovation for the sake of the society to reduce social inequalities and looking for the minimal damage possible to the environment and the other living species that are accompanying us in this spaceship, our blue planet: Earth.

We hope the participants enjoy the techno-scientific-social part as well as the holistic approach of these presentations, that have as an ultimate goal to give the responsible professional people in charge of engineering and technological activities, an option to use them in an intelligent manner, with minimum affection to the environment, avoiding the traditional ways done during millennia along the whole Planet Earth.

Después, vino el convivio y considerando el clima agradable de junio y las bebidas refrescantes no alcohólicas que por normativa deben servirse en la UNAM, fueron bienvenidas por los participantes.



Décimo y último Pequeño Seminario (Junio 7, 2019)

Para este último Seminario esperamos la participación de alrededor de 15 DAAD Alumni y Alumnae, así como algunos invitados y estudiantes. Esperamos que todos ellos disfruten en este homenaje a los Dres. Peter Kuschik y Hanns Sylvester de la herencia académica y de vida que ambos nos dejaron. Poner la ciencia, la tecnología y la innovación al servicio de la sociedad para disminuir las desigualdades sociales buscando dañar lo menos posible al ambiente y a las otras especies vivas que nos acompañan en esta nave especial que es nuestro planeta azul: La Tierra.

Esperamos que los participantes disfruten, tanto la parte técnico-científica-social como el acercamiento holístico de estas presentaciones investigación, cuya meta última es brindar a los responsables, quienes en su desempeño profesional llevan a cabo actividades de ingeniería y tecnología de manera inteligente para afectar menos al entorno, como se ha hecho desde hace milenios y como se sigue haciendo actualmente en prácticamente todo el Planeta Tierra.



The academic personnel of the Laboratories for Environmental Chemical Engineering and Chemistry of the National Autonomous University of Mexico, that will edit a last book, wishes to transmit the knowledge generated by the graduate students (master's and doctor's) during their research activities, as well as those generated by researchers and peers from other institutions, to the interested people that are willing to maintain and actualize their scientific treasured learnings with direct application to the well being not only of humans but also of all the species that share with us the whole habitat and give us a healthy environment.

El personal académico de los Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, de la Universidad Nacional Autónoma de México, que editará un último libro, ha deseado siempre transmitir el conocimiento generado por sus graduados de maestría y doctorado durante sus investigaciones, así como por sus académicos y sus pares de otras instituciones, hacia el público interesado en actualizar sus conocimientos en campos científicos que tienen una aplicación directa al mejoramiento de la calidad de vida, no solamente de la raza humana sino de todas las especies que conviven con nosotros y que nos dan un ambiente pleno.



Opening ceremony with Mr. Alejandro Cadena-Ramos, representing the new Director of DAAD Office in Mexico City, Ms. Dr. Katharina Fleckenstein, Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, Alexander von Humboldt Stiftung Universität Heidelberg Scholar and former Director of the host institution, and the academic coordinator of the event, Mrs. Prof. Dr.-Ing. María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa

Ceremonia inaugural con el Sr. Alejandro Cadena-Ramos, representando a la nueva Directora de la Oficina del DAAD en la Ciudad de México, la Dra. Katharina Fleckenstein, el Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, beneficiario de la Fundación Alexander von Humboldt en la Universidad de Heidelberg y ex-Director de la institución anfitriona y la coordinadora académica del evento, la Profa. Dr.-Ing. María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa.



Dipl.-Ing. José Manuel Huerta-Fernández, Presidente of the Sociedad de Ex-becarios en México del DAAD, SEMEXDAAD, chairing the first Round Table on one of the objectives of sustainable development in 2030 Agenda 2030 of UNO, clean water and sanitation, with Prof. Dr. Camiel Jannsen of FQ-UNAM, Dr. Leonel E. Amábilis-Sosa of ITCuliacán, and Prof. Dr. Gabriel Echávez-Aldape of FI-UNAM.

El Ing. José Manuel Huerta-Fernández, Presidente de la Sociedad de Ex-becarios en México del DAAD, SEMEXDAAD, presidiendo la primera Mesa Redonda sobre uno de los objetivos del desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de la ONU, agua limpia y saneamiento, con el Prof. Dr. Camiel Jannsen de la FQ-UNAM, el Dr. Leonel E. Amábilis-Sosa del ITCuliacán y el Prof. Dr. Gabriel Echávez-Aldape de la FI-UNAM.



For the readers

We also hope to receive the retrofeeding from our readers since this interaction will mutually enrich knowledge. Presently, when human communications advance at vertiginous speed, the contact with other persons is given, not only using traditional methods such as the e-books we have been editing since 2010 but using modern technological approaches such as internet, through which people from all over the world can interact.

*Bon voyage to the world of the **green engineering** and its applications in our process industry and, particularly, to improve and maintain our environment and the wellbeing of mankind!*

Acknowledgements

The author and her coworkers wish to acknowledge DAAD for the financial support to conduct from First to Seventh International Small Seminars on “Green Engineering” (2010 to 2016) in Honor of Dr. Peter Kuschik (since 2015) with funds of the German Federal Republic’s Federal Ministry for Economic Cooperation and Development.

To the National Autonomous University of Mexico, that through some of its academic bodies, supported this event with its infrastructure and services, and particularly, to the Facultad de Química celebrating the

Para los lectores

Esperamos contar con la retro-alimentación de nuestros lectores, ya que esta interacción permite enriquecer el conocimiento. En la actualidad, cuando las comunicaciones humanas avanzan a velocidad vertiginosa, el contacto con otras personas se da ya no solamente por los métodos tradicionales como estos libros-e que hemos estado editando desde 2010, sino por medio del “internet” (acrónimo en inglés de las redes internacionales), con las que podemos interactuar con personas en cualquier sitio del planeta.

¡Buen viaje al mundo de la **ingeniería verde** y sus aplicaciones en nuestra industria química y de proceso y, particularmente, para mejorar y mantener nuestro entorno y el bienestar de la humanidad!

Reconocimientos

La autora y sus colaboradores desean reconocer el decidido apoyo del DAAD por el apoyo financiero para realizar desde el Primero hasta el Séptimo Pequeños Seminarios Internacionales sobre “Ingeniería verde” (2010 a 2016) en Honor del Dr. Peter Kuschik (a partir de 2015) con fondos del Ministerio Federal para la Cooperación Económica y el Desarrollo de la RFA.

También agradecen a la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de varias de sus dependencias académicas, por el apoyo en infraestructura y servicios y, en especial, a la Facultad de Química celebrando el 50



50th anniversary of its graduate studies and the centennial anniversary of its foundation.

To the academic and administrative personnel of the Laboratories for Environmental Chemical Engineering and Chemistry of the Faculty of Chemistry, UNAM, that with their generous and altruistic support made possible the realization of these ten events, since without its decided support these seminars would have not successfully occurred.

And, finally, to all colleagues DAAD Alumni and Alumnae that have always contributed to the splendor of these small seminars with their thoroughness, active participation and enthusiasm, as well as with innovative proposals to improve the quality of life of our fellow citizens just as Dr. Hanns Sylvester wanted.

aniversario de sus estudios de posgrado y el centenario de su fundación.

Asimismo reconoce el altruista y generoso apoyo del personal académico y administrativo de los Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental de la Facultad de Química de la UNAM, para la realización de estos diez eventos ya que sin su decidido apoyo no hubiera sido posible realizarlos exitosamente.

Y a todos los colegas Alumni y Alumnae (ex-becarios) del DAAD que siempre han contribuido al esplendor de estos pequeños seminarios con su acuciosidad, su activa participación y su entusiasmo, así como sus propuestas innovadoras para mejorar la calidad de vida de nuestros conciudadanos justamente como lo quería el Dr. Hanns Sylvester.

References

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2010. Libro Final del PRIMER SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde / Final Book of the FIRST INTERNATIONAL ALUMNI SEMINAR: Green Engineering. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. México D.F. México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2011. Libro Final del SEGUNDO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde / Final Book of the SECOND INTERNATIONAL ALUMNI SEMINAR: Green Engineering. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. México D.F. México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2012. Libro Final del TERCER SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde / Final Book of the FOURTH INTERNATIONAL ALUMNI SEMINAR: Green Engineering. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA



MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. México D.F. México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2013. Libro Final del CUARTO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde / Final Book of the FOURTH INTERNATIONAL ALUMNI SEMINAR: Green Engineering. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. México D.F. México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2014. Libro Final del QUINTO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde / Final Book of the FIFTH INTERNATIONAL ALUMNI-ALUMNAE SEMINAR: Green Engineering. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. México D.F. México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2015. Libro Final del SEXTO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde en Honor del Dr. Peter Kuschik / Final Book of the SIXTH INTERNATIONAL ALUMNI-ALUMNAE SEMINAR: Green Engineering in Honor of Dr. Peter Kuschik. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. México D.F. México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2016. Libro Final del SÉPTIMO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde en Honor del Dr. Peter Kuschik / Final Book of the SEVENTH INTERNATIONAL ALUMNI-ALUMNAE SEMINAR: Green Engineering in Honor of Dr. Peter Kuschik. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. México D.F. México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2017. Libro Final del OCTAVO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde en Honor del Dr. Peter Kuschik / Final Book of the EIGHTH INTERNATIONAL ALUMNI-ALUMNAE SEMINAR: Green Engineering in Honor of Dr. Peter Kuschik. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. Ciudad de México, México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2018. Libro Final del NOVENO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde en Honor del Dr. Peter Kuschik / Final Book of the NINTH INTERNATIONAL ALUMNI-ALUMNAE SEMINAR: Green Engineering in Honor of Dr. Peter Kuschik. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. Ciudad de México, México (Libro-e, e-Book)

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (Responsable Global). 2019. Libro Final del DÉCIMO SEMINARIO INTERNACIONAL DE EX-BECARIOS DE ALEMANIA: Ingeniería verde en Honor del Dr. Peter Kuschik y del Dr. Hanns Sylvester / Final Book of the TENTH INTERNATIONAL ALUMNI-ALUMNAE SEMINAR: Green



Engineering in Honor of Dr. Peter Kuschik and Dr. Hanns Sylvester. Pub. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. ISBN 978-607-7807-07-0. Ciudad de México, México (En prensa / In press)

Manahan, S.E. 2007. Introducción a la química ambiental. Coedición UNAM-Editorial Reverté. ISBN 968-6708-60-X (cartoné, México), 968-6708-60-7 (rústica, México), 84-291-7907-0 (cartoné, España), 84-291-7911-9 (rústica, España). Responsable de la edición: M.d.C. Durán-Domínguez-de-Bazúa. Traductora: M. en C. Ivette Mora Leyva, Facultad de Química, Universidad de La Habana, Cuba. Revisión de la traducción: Xavier Domènech. Ciudad de México-Barcelona.



Página en blanco / *Intentionally blank page*



Nuevos riesgos hidráulicos, los mayas

New Hydraulic Risks, the Mayans

Gabriel Echávez-Aldape

Profesor Facultad de Ingeniería, UNAM, México. DAAD Alumnus

echavez@unam.mx

INTRODUCCIÓN

El agua, y sobre todo la potable, es un recurso limitado que con el crecimiento de la demanda, la disminución de las fuentes naturales, la contaminación y el imparable aumento de la población, generando un serio problema de gravedad creciente. México está en la latitud de los desiertos (Figura 1).

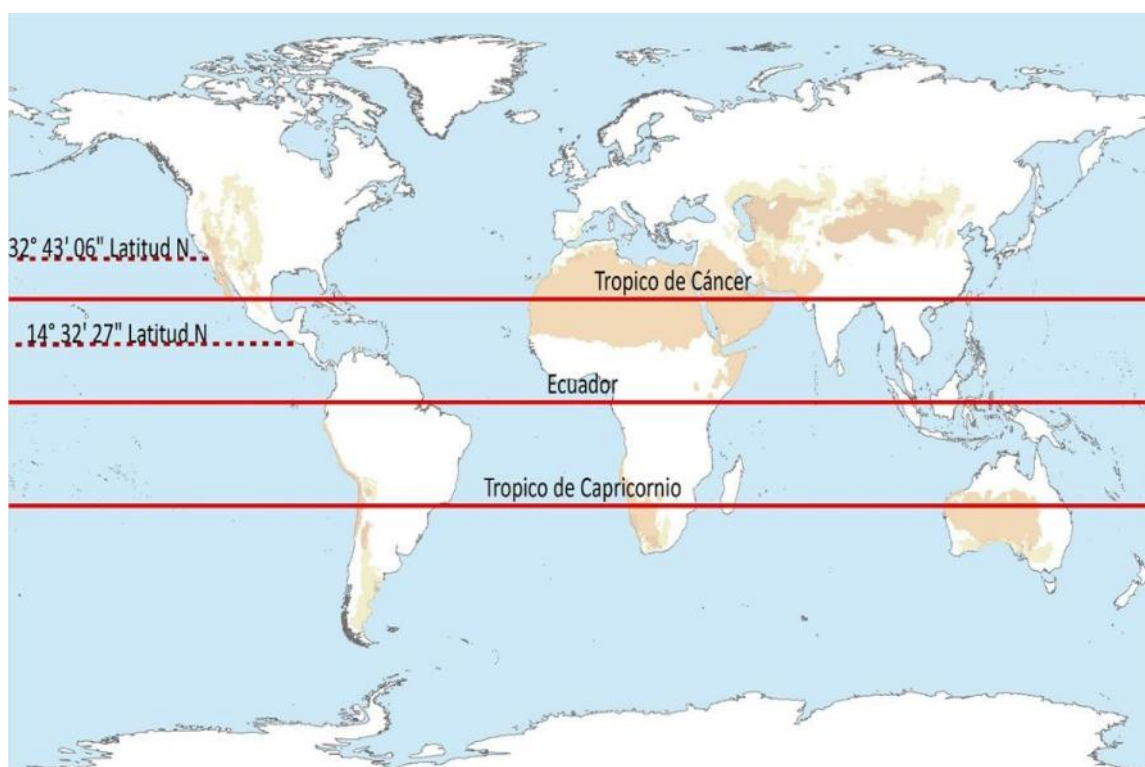


Fig. 1 México, vulnerable a escasa precipitación por su ubicación geográfica

Lo que lo salva de ser como el Sahara son los ciclones. Se estima que el 60% del agua de precipitaciones se deba a ellos.



Ahora ¿por qué en esas latitudes, tanto norte como sur, no llueve? Esto se debe a que en el ecuador, al haber más insolación, se produce una corriente húmeda ascendente, pues el aire caliente pesa menos, que al enfriarse permite que se condense la humedad lo que provoca lluvias; en las capas superiores de la atmósfera, por continuidad, se presenta un movimiento del aire hacia los polos, que debido a la aceleración de Coriolis, pues la tierra gira, se desvía hacia la derecha en el hemisferio norte. Cuando va a la altura de los trópicos esta desviación acumulada hace que el flujo ya sea paralelo al ecuador y que en vez de hacerse un solo vórtice atmosférico, ecuador-polo, se hagan tres: el de Hadley, Ferrel y Polar (Figura 2).

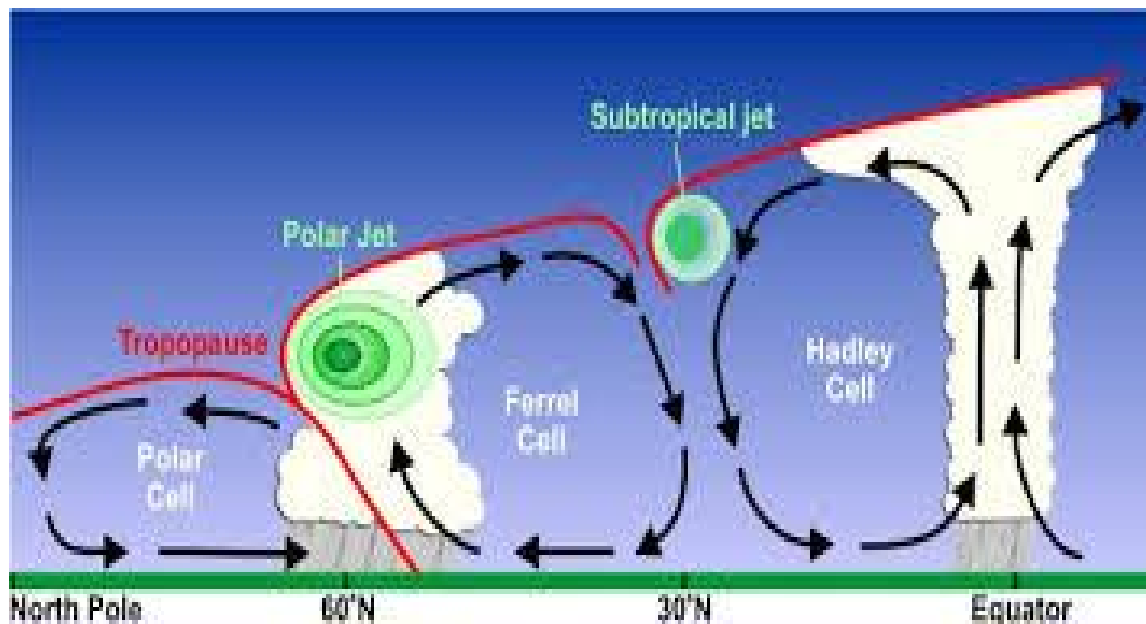


Fig. 2. Vórtices atmosféricos, de Hadley, Ferrel y Polar

Esro crea tres latitudes secas a 30, 60 y 90 grados y dos lluviosas: el ecuador y a 60°. Además, en las fronteras de los vórtices se generan dos chorros de viento anulares que le dan la vuelta a la Tierra con dirección este-oeste, igual que su rotación: el chorro subtropical y el chorro polar. Estos chorros son utilizados en los vuelos comerciales y es por eso que ir de aquí a Europa toma menos de una hora que el regreso, lo mismo pasa si se va de California a New York que en el regreso.

Lo reciente, tal vez porque no se había observado o porque nunca se había presentado, es que el chorro polar se onduló y eso provocó sequías e inundaciones extremas en lugares donde no se había presentado este fenómeno. Así, en California ha habido una sequía agravada por incendios y en la costa norte este de los Estados Unidos unas nevadas también poco usuales.

Una limitación que padecemos la mayoría de la gente, incluyendo a los hidrólogos, es que no se tiene idea del potencial de lluvia en nuestro planeta, que es inimaginable. Para dar una idea basta presentar dos casos: Cherrapunji, en la India y Lloró en Colombia: En Cherrapunji la lluvia una vez fue de 50.8 m de lámina de agua durante dos años ininterrumpidamente y, en Lloró, la precipitación media anual es de 13.3 m (Figuras 4 y 5).

En la fotografía mostrada en la Figura 6 se puede ver un día usual en Lloró.

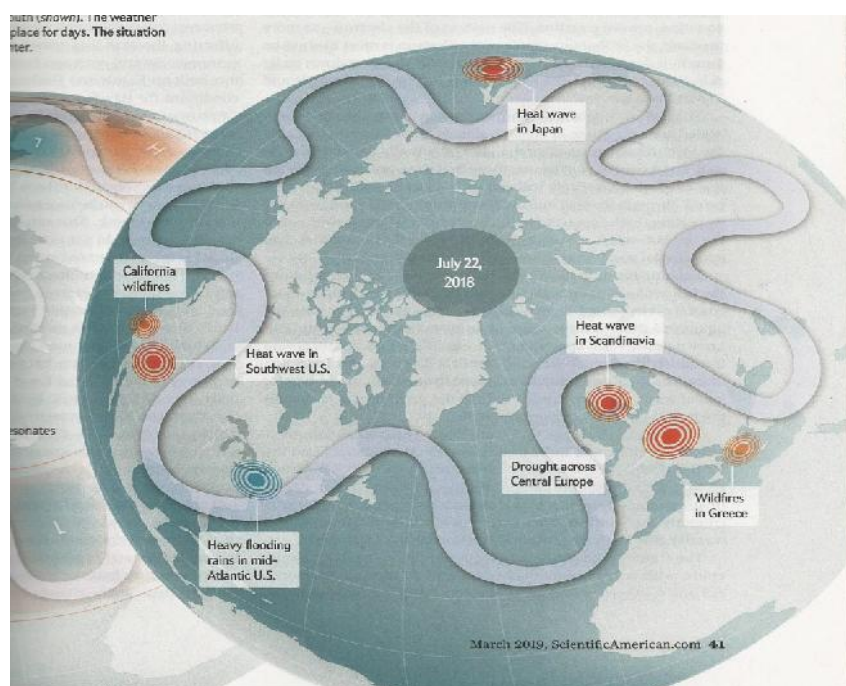


Fig. 3. Chorro polar ondulado



Fig. 4. Cherrapunji, India

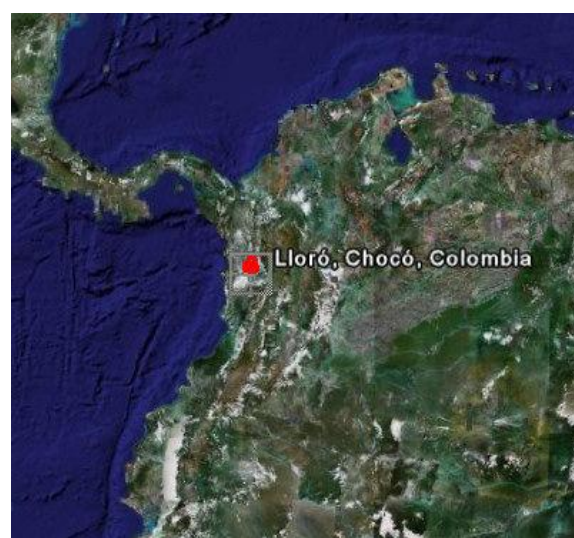


Fig. 5. Lloró, Colombia



Fig. 6. Habitante de Lloró, Colombia, en un día normal

Una vez presentado esto, permítanme un pequeño cambio de tema que dará pie a una hipótesis provocativa:

LOS MAYAS

Una cultura de 18 siglos, con su mayor esplendor entre 500 años antes y 900 después de nuestra era. Con sus dos reinos enfrentados: Tikal y Calakmul (Figs. 7, 8).

Recientemente, con técnicas modernas de radiopoda que elimina virtualmente el follaje, se descubre que la cultura Maya fue diez veces más grande que lo anteriormente estimado; así, se descubren alrededor de 60,000 estructuras hechas por el hombre y en un cañón al norte de Guatemala donde se estimaba una población de un millón cambió a diez millones.

Regresando a nuestro país: México es el único lugar en el mundo donde le llegan ciclones generados en dos sistemas ciclónicos diferentes: en el Atlántico y en el Pacífico (Figura 9).

Otra de las ventajas de los ciclones, además de traernos lluvia, es que se mueven, caminan, aunque no muy rápido, no se quedan en el mismo lugar; así que la emergencia se limita a dos o tres días, usualmente.



Fig. 7. Tikal, Guatemala



Fig. 8. Calakmul, México

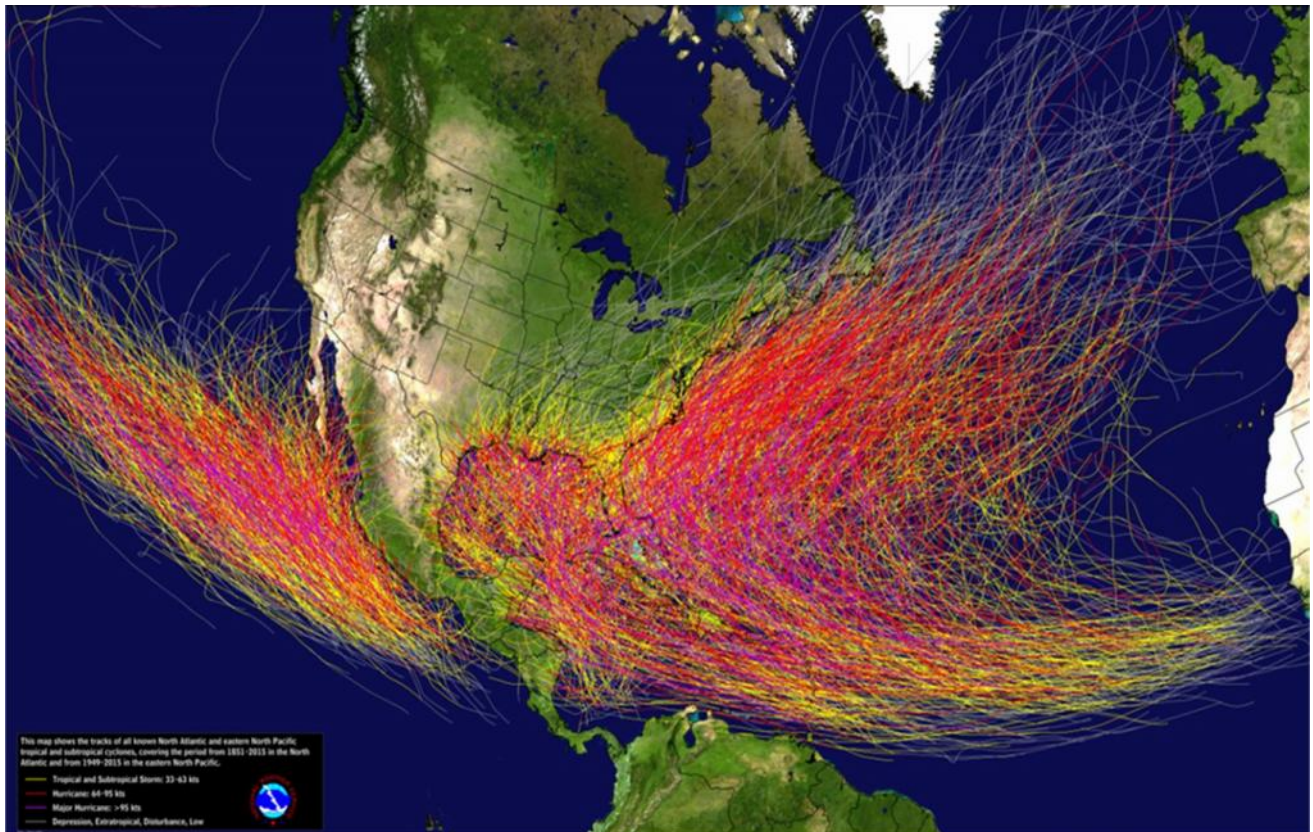


Fig. 9. Trayectoria e intensidad de los ciclones que llegan a México de los océanos Pacífico y Atlántico

En Honduras, con el ciclón Mitch, en 1998, que se movió lentamente les causó serias inundaciones que le destruyeron el 50% de infraestructura y causó decenas de muertos. Recientemente, en New York se les REGRESÓ el ciclón, causando las enormes nevadas que tuvieron este año.

¿No podría ser que una o varias lluvias inusuales acabaran casi por completo con la CIVILIZACIÓN MAYA?

Al adentrarme más en esta hipótesis encontré que dos investigadores proponen que fue una sequía, donde estiman que esta redujo las lluvias en un 45%. Inclusive les dieron un premio por su contribución.

Pero en una región donde llueve de 2 a 4 mm al año, ver Figura 10, una reducción del 45% no es para emigrar masivamente ¿No les parece?

Otra hipótesis de sequías es que hubo una de 40 años de duración, del año 820 al 860, que resistieron, y otra peor, de 100 años de duración, del 1,000 al 1,100, que los diezmó, tanto social como política y económicamente.

Uno de los pequeños huecos que tienen estas teorías es ¿Qué le pasó a los habitantes? ¿Dónde están los 10 millones?



Que mi teoría, modestamente, resuelve sin problemas:

¡SE AHOGARON!

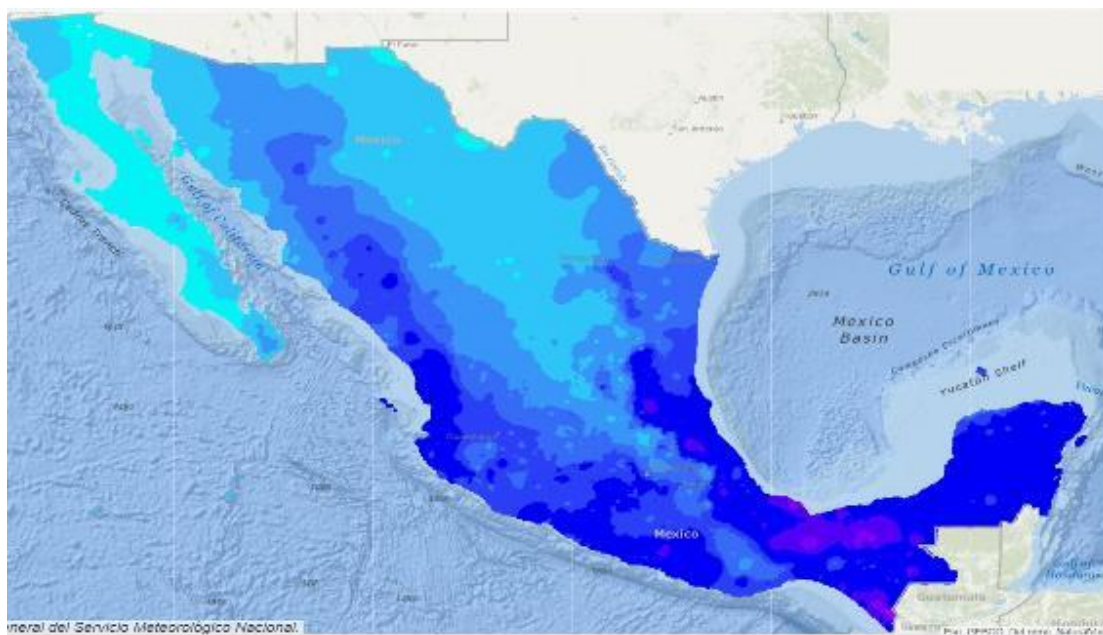


Fig. 10. Precipitación normal en México 1981-2010

Ustedes elijan, sin prejuicios, la teoría que más les guste o convenza, pero el propósito de este trabajo es alertarlos del riesgo actual y futuro de que esta situación posible u otras de la misma gravedad también posibles, se presenten.

El objetivo final de este artículo es alertar a los jóvenes de los crecientes problemas que sin duda van a tener que enfrentar y resolver, pues estamos, están, en una situación crítica, de riesgo, no sustentable, que requiere cambios y adelantos radicales. Si bien cuentan con tecnología sorprendente, también seguramente se tendrán que enfrentar a problemas inimaginables.

Así, se menciona que la única esperanza de la humanidad está en el grupo STEM, tronco o tallo en español, al que nosotros pertenecemos:

Science

Technology

Engineering

Mathematics



en donde con la incorporación de las compañeras a estas actividades, una gran riqueza no totalmente desarrollada, hay el potencial para esperar un futuro mejor que el actual.

Aunque, finalmente, hay que recordar las palabras de Harold Bloom

Todo lo que el conocimiento nos da es el uso adecuado de nuestra propia soledad.

REFERENCIAS

Información tomada de revistas especializadas y de la red y disponible con el autor.



C.I.G. Cedillo-Hernández⁽¹⁾, K. Mendivil-García⁽¹⁾, P.M. Uriarte-Aceves⁽¹⁾, L.E. Amabilis-Sosa^{(2)*}

²CONACyT-Instituto Tecnológico de Culiacán Juan de Dios Bátiz 310, Culiacán, Sinaloa, 80220, Culiacán, Sinaloa, México

Resumen

Palabras clave: Agua residual agrícola, humedales artificiales de flujo subsuperficial, sistemas de información geográfica

En las últimas décadas, la calidad de las aguas superficiales se ha deteriorado por el aumento de las concentraciones de nutrientes como consecuencia de las actividades humanas, en particular la agricultura (Mbonimpa *et al.*, 2014). Diferentes autores han reportado que la escorrentía transporta por advección superficial y subterránea los iones liberados por las actividades de cambio de uso del suelo (Mook, 2002). En efecto, la agricultura aporta un tipo de contaminación difusa. Al llegar la temporada de riego y/o lluvias debido a la topografía del terreno, se propicia el transporte de nutrientes (nitrógeno y fósforo) hacia los cuerpos de agua (Silva *et al.*, 2017).

El uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes en las actividades agrícolas presenta una tendencia a seguir incrementando, ya que por la misma actividad agrícola los suelos se erosionan y cada vez requieren mayor cantidad de nutrientes (García y Rodríguez, 2012).

La eutrofización de los cuerpos de agua provoca el crecimiento excesivo de algas lo cual posteriormente culmina en la pérdida de flora y fauna, colapsando el ecosistema (Glynn *et al*, 1999). Otro punto para considerar, son los efectos a la salud en la población por la contaminadas del agua, ya sea por entrar en contacto con ella o por ingerirla. La eutrofización de los



Los puntos utilizados fueron los establecidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en su Red de “Monitoreo” de Cuencas del Pacífico Norte. Esta red se extiende a lo largo del río Culiacán y, además, se encuentra sobre los cauces de los tributarios principales que son los ríos Humaya y Tamazula, por lo que cubren la RH10 en las cuencas alta, media y baja. Cabe mencionar que los puntos del 1 al 7 se encuentran fuera del área de estudio. En la Figura 1 se muestran la ubicación de todos los puntos y en la Tabla 1 sus respectivas coordenadas geográficas.

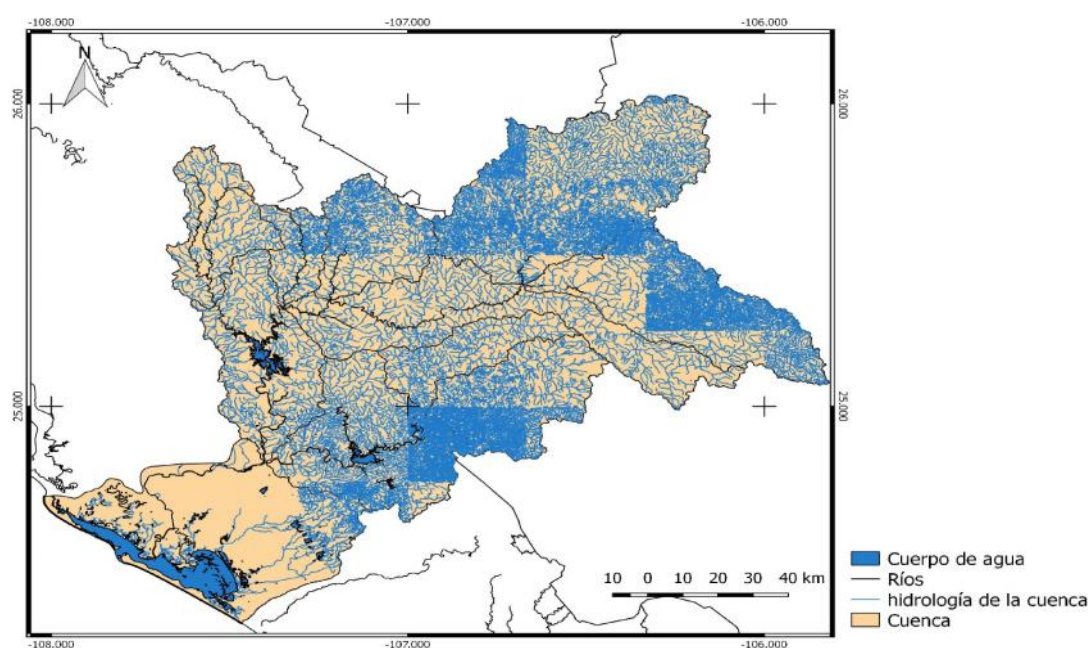


Figura 1. Cuenca del río Culiacán con líneas de drenaje

Tabla 1. Localización de los puntos de muestreo en la cuenca del río Culiacán

No.	Estación de muestreo	Localidad	Cuerpo de agua	X	Y
1	Culiacán Nte. Agua Arriba	Higueras de Culiacán	Dren cedritos	24.8263	-107.511
2	Culiacán Nte. Agua Abajo	Culiacancito	Dren cedritos	24.8219	-107.53
3	Aguas Arriba PTAR Navolato	Navolato	Dren Principal Navolato	24.7235	-107.682
4	Puente El Ferrocarril	Culiacancito	Dren margen derecha	24.8202	-107.536
5	Puente El Guamuchilito	Cañada Guamuchilito, Navolato	Dren margen derecha	24.8404	-107.724
6	Puente El Pinole	Culiacán	Dren margen derecha	24.8227	-107.565
7	Puente La Palma	Ejido La Paloma, Navolato	Dren margen derecha	24.8347	-107.655
8	Puente Limoncito	El Limoncito, Navolato	Río Culiacán	24.7556	-107.732



No.	Estación de muestreo	Localidad	Cuerpo de agua	X	Y
9	Puente Negro	Culiacán	Río Culiacán	24.8094	-107.413
10	RH10-2 Sinaloa	El Molino de Sataya, Navolato	Río Culiacán	24.6284	-107.661
11	Río Culiacán 2	El Castillo, Navolato	Río Culiacán	24.5319	-107.71
12	Río Culiacán 4	Culiacán	Río Culiacán	24.7904	-107.483
13	Río Culiacán 5	Culiacán	Río Culiacán	24.8054	-107.408
14	Río Culiacán 7	La Reforma	Río Culiacán	25.0145	-107.389
15	La Pipima	Navolato	Río Culiacán	24.6918	-107.7
16	Puente USE	Culiacán	Río Culiacán	24.7918	-107.448
17	Río Humaya	Tepuche	Río Humaya	24.9404	-107.355
18	Río Tamazula 1	Culiacán	Río Tamazula	24.8123	-107.402
19	Río Tamazula 2	Culiacán	Río Tamazula	24.8106	-107.327
20	Río Tamazula 3	Los Naranjos	Río Tamazula	24.8505	-107.293
21	Puente Juárez	Culiacán	Río Tamazula	24.8194	-107.381
22	Puente Morelos	Culiacán	Río Tamazula	24.8132	-107.391
23	San Pedro	San Pedro, Navolato	Río Culiacán	24.7858	-107.559

Elaboración de zonas de amortiguamiento (“buffers” en inglés) con variaciones de áreas

Se especificaron cuatro diferentes áreas de 5, 10, 25 y 35 km². Las medidas fueron seleccionadas para que la mayor distancia no fuera significativa entre puntos de muestreo, y que la menor fuera posible en todos los puntos (Benítez y Fisher, 2004). En siete de los 15 *buffers* realizados, la longitud de los radios ocasionó que parte del área de los *buffers* se saliera de los límites de la cuenca y/o sobrepusieran entre sí. Ante esto, se utilizó el modelo de elevación para ajustar el área de los *buffers* dentro de la cuenca. En este sentido, se modificó el trazo de los *buffers* de acuerdo con la topografía del terreno y respetando las áreas especificadas.

Datos de calidad del agua en la cuenca del río Culiacán

Se utilizaron datos de nitrógeno total y fósforo total (NT y PT respectivamente) medidos por la CONAGUA de 2014 a 2017 dentro de su red de “monitoreo”. En dicha red se miden las concentraciones de ambos nutrientes en los 23 sitios de muestreo en promedio cada dos meses. En este sentido, para la distribución espacial se consideraron los sitios de muestreo agrupados por cuenca alta, media y baja. En cuanto a la distribución temporal se consideró la época de lluvias (24 de junio - 26 de septiembre) y la de estiaje (26 de septiembre - 24 de junio) (Weather Spark, 2018) en el periodo de 2014 a 2017. Todas las determinaciones analíticas fueron realizadas bajo los protocolos de Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (WPCF-APHA-AWWA, 2005) utilizada en los laboratorios de la CONAGUA. Los resultados



fueron agrupados y clasificados para obtener promedios y desviaciones espaciales y temporales. Posteriormente, se aplicó la prueba paramétrica t de Student para conocer si existen diferencias significativas entre la época de secas y la de lluvias. Para este análisis estadístico se utilizó el software Statgraphics Centurion X para Windows.

Humedales artificiales para el tratamiento de agua residual agrícola

Los humedales artificiales utilizados fueron de flujo subsuperficial horizontal (HAFHSS) a escala de laboratorio. Se construyeron utilizando acrílico vaciado transparente marca Plastiglass de 6mm de espesor, cuyas dimensiones fueron: 0.55m largo, 0.20m ancho y 0.35m de altura total (Figura 2). La especie vegetal empleada fue *Typha latifolia* debido a su alta tasa de asimilación de N y P bajo diferentes condiciones de luminosidad y temperatura (Kadlec y otros, 2017). Esta especie vegetal crece en el talud de los drenes agrícolas ubicados en el área de estudio. Aunado a ello y, de acuerdo con Calheiros y otros (2007), la vegetación muestra mejor adaptación en términos de supervivencia y propagación. Cabe resaltar que la macrófita a utilizar en el HA se tomó del dren principal de la RH 10 “El Grande” (Figura 3). Como medios de empaque se utilizó grava con 46% de porosidad, lo cual se determinó en estudios preliminares. La operación fue por lotes y se evaluaron TRH de 2 y 4 días.



Figura 2. Unidad experimental de humedal artificial a escala de laboratorio



Figura 3. Especies de macrófita *Typha latifolia* tomada del dren Capomitos



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución espacial y temporal de la calidad del agua del río Culiacán

Hasta el momento se ha realizado el tratamiento de datos bimestrales de calidad del agua en las 23 estaciones de muestreo, durante el periodo de 2013-2018. A continuación, se presentan los primeros resultados de la distribución espacial y temporal de NT y PT como ejemplo de los parámetros que se están midiendo para caracterizar los sistemas.

Nitrógeno total

En las Figuras 4a-4s se muestran los promedios de concentración en toda la cuenca del río Culiacán. Se observa que el valor mínimo anual se obtuvo en el sitio de muestreo “Molino de Sataya” siendo el año 2013. Por su parte, el sitio “Culiacán aguas abajo” y “dren principal Navolato” presentaron el promedio anual más alto con 41.97 mg/L en el año 2016 y 45.44 mg/L, mientras que el sitio “dren y con un máximo extraordinario de 57 mg/L en el año 2018.

Fósforo total

En la Figura 5 se muestran los promedios de concentración de fósforo total en toda la cuenca del río Culiacán. Se observa que el valor mínimo anual se obtuvo en los sitios de cuenca media-baja con concentraciones menores a 0.1 mg/L siendo el año 2018 con la concentración mínima. Por su parte, el sitio “Puente El Pinole” presentó el promedio anual más alto con 6.88 mg/L en el año 2018 y con un máximo extraordinario de 8.3 mg/L en el año 2013.

En el presente estudio se encontraron diferencias significativas entre dichas épocas climáticas tanto para NT como para PT ($P < 0.05$). Ding et al. (2015) y Chang (2008) realizaron estudios similares en cuanto a mediciones de la calidad del agua en cuerpos de agua lóticos de cuencas hidrológicas con y sin influencia de la urbanización.

Para NT, los valores del río Culiacán se encuentran por debajo, siendo apenas una tercera parte o menos de los reportados por Ding et al. (2015) y Chang (2008). Cuando existe presencia de urbanización adyacente a los cuerpos de agua, la diferencia entre los valores del río Culiacán y los de la literatura es menor, ya que son aproximadamente el 60% de los reportados en los estudios antes mencionados. En cuanto a la comparación de los LMP de las normas mexicanas, los valores de NT del río Culiacán son menores en un orden de magnitud. Este resultado era de esperarse por el tipo de aguas para las que fueron establecidas las normas (descargas y/o residuales tratadas). Esto significa que el cuerpo de agua mantiene su función ecológica a pesar de las fuentes de contaminación puntuales identificadas en la cuenca (Van der Perk, 2013).

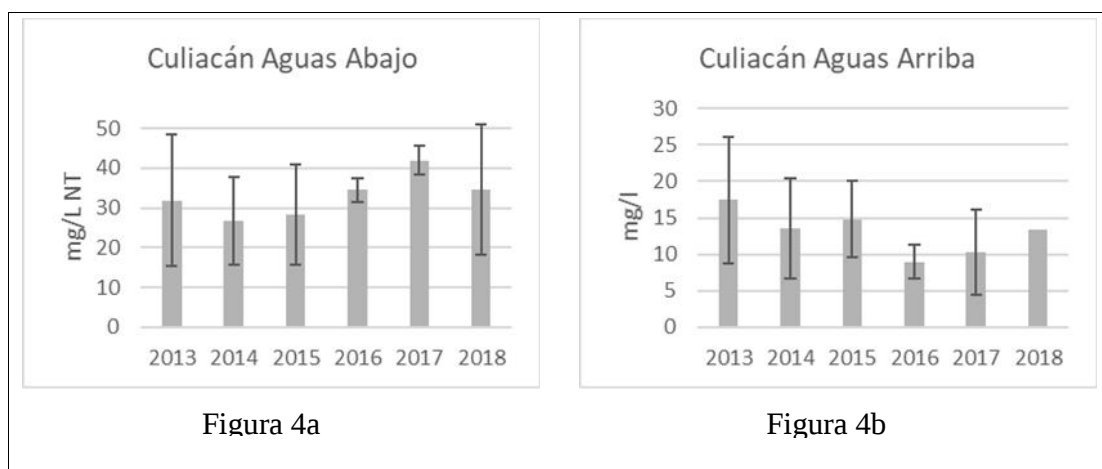


Figura 4a

Figura 4b

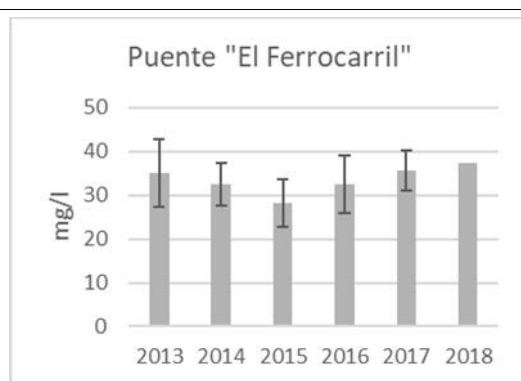


Figura 4c

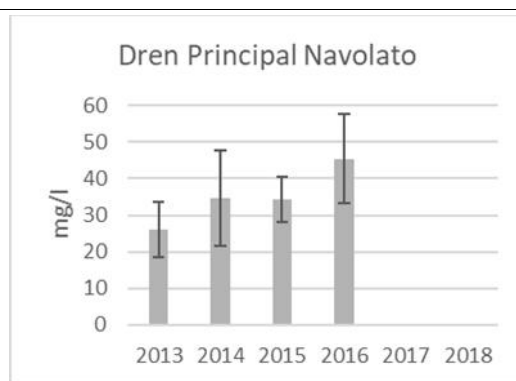


Figura 4d

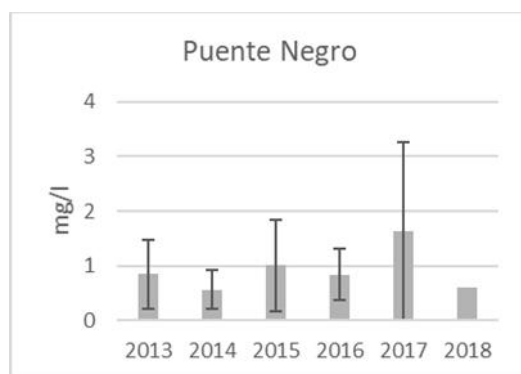


Figura 4e

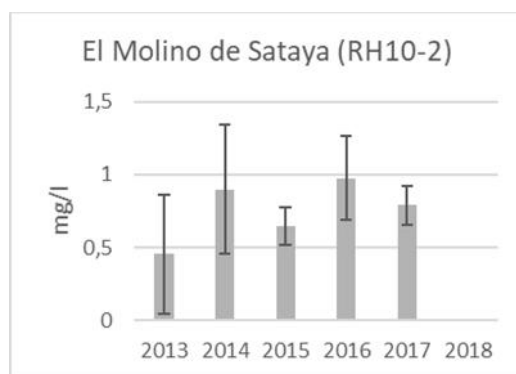


Figura 4f

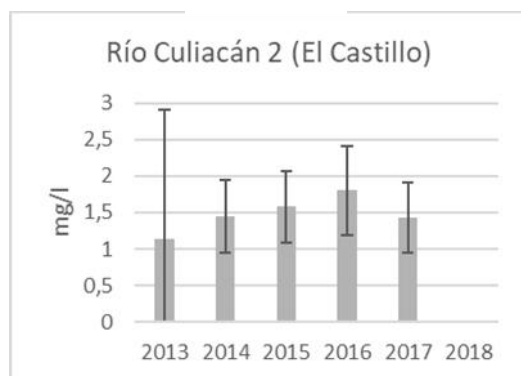


Figura 4g

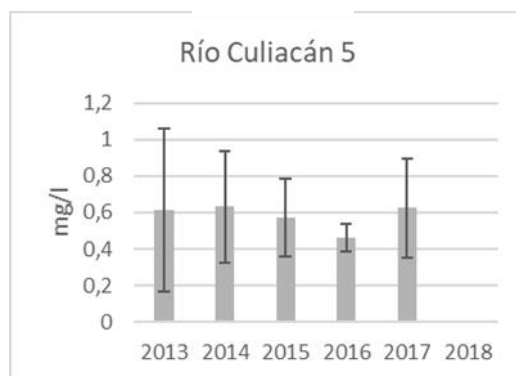


Figura 4h

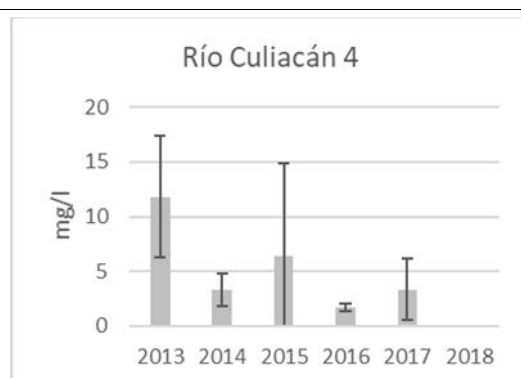


Figura 4i

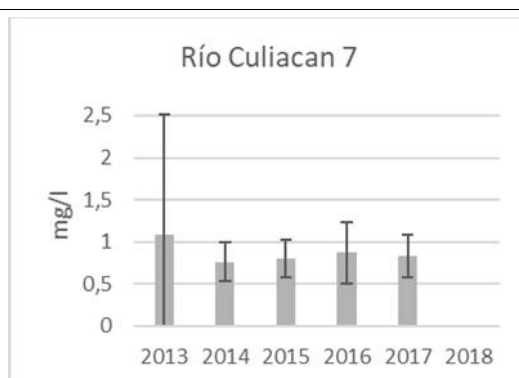


Figura 4j

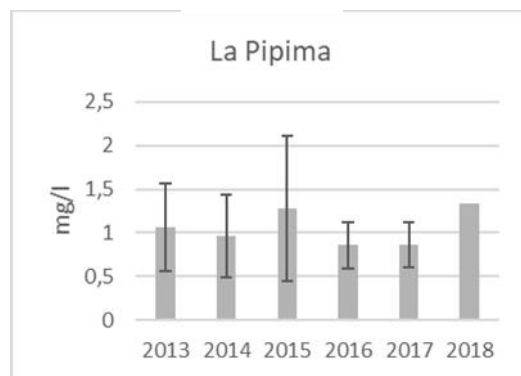


Figura 4k

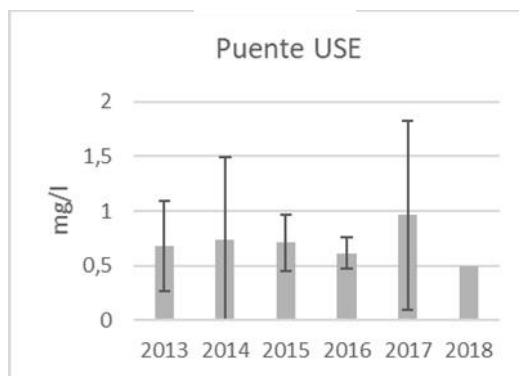


Figura 4l

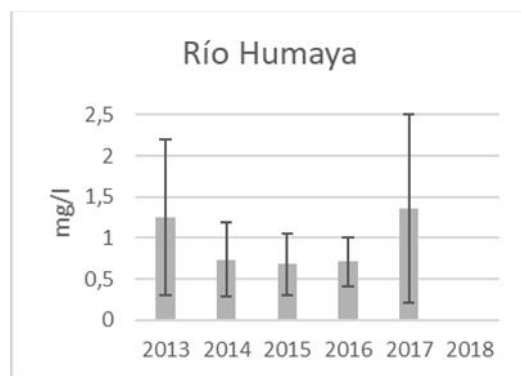


Figura 4m

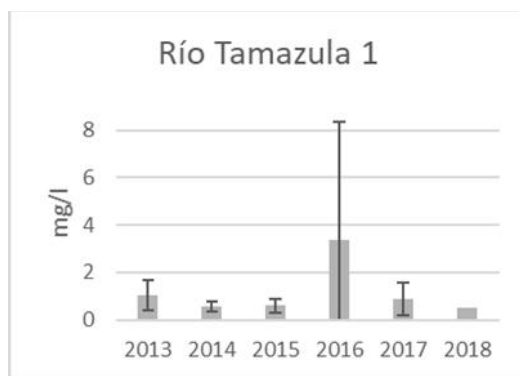


Figura 4n

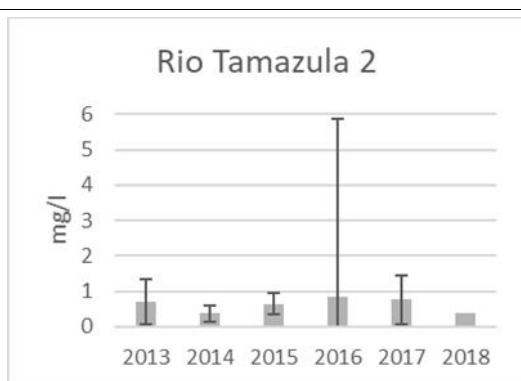


Figura 4o

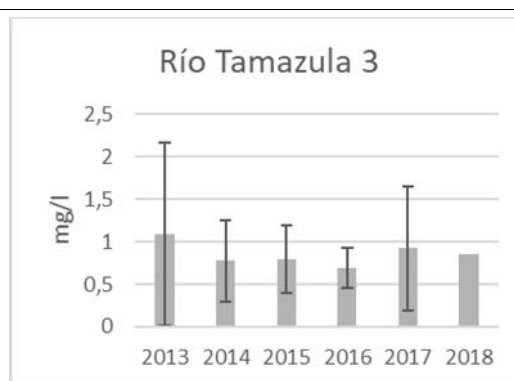


Figura 4p

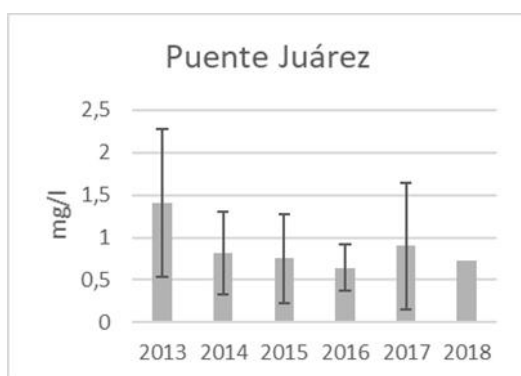


Figura 4q

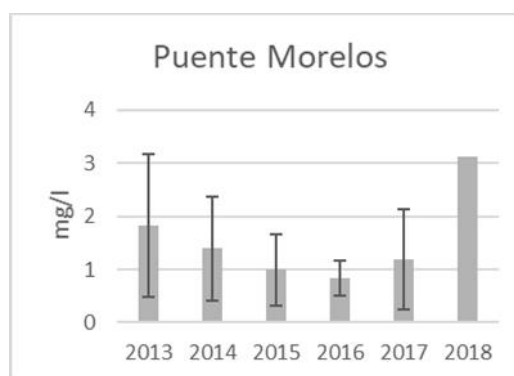


Figura 4r

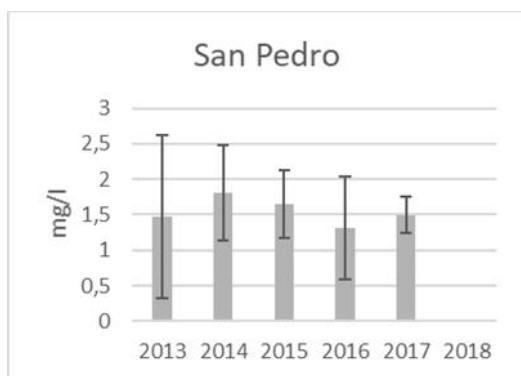
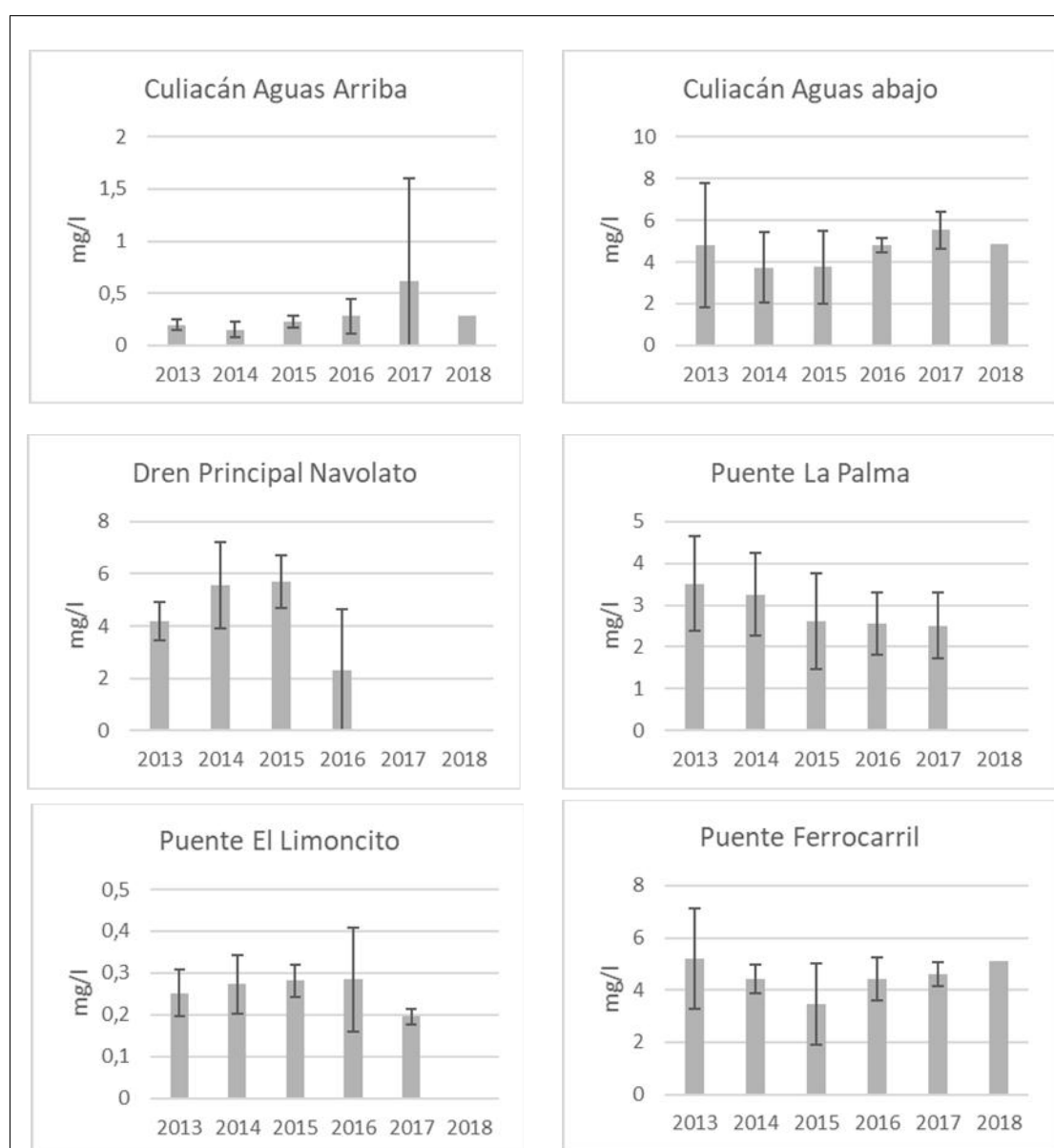


Figura 4s

Figura 2. Distribución anual del nitrógeno total en los sitios de muestreo



Asimismo, los valores de PT del río Culiacán se encuentran por debajo de los reportados en la literatura alrededor de un 50% cuando existe influencia urbana, tanto en época de estiaje como en época de lluvias. No obstante, cuando existe influencia urbana, la concentración de PT en el río Culiacán es mayor en un 60% que la reportada en la literatura. Esto posiblemente esté relacionado con las prácticas agrícolas de países en desarrollo en los que los plaguicidas y fertilizantes se aplican sin protocolos técnicamente establecidos. En cuanto a la concentración con los LMP (Límites Máximos Permisibles) de las normas mexicanas, la diferencia entre los valores es muy similar que en el caso del NT.



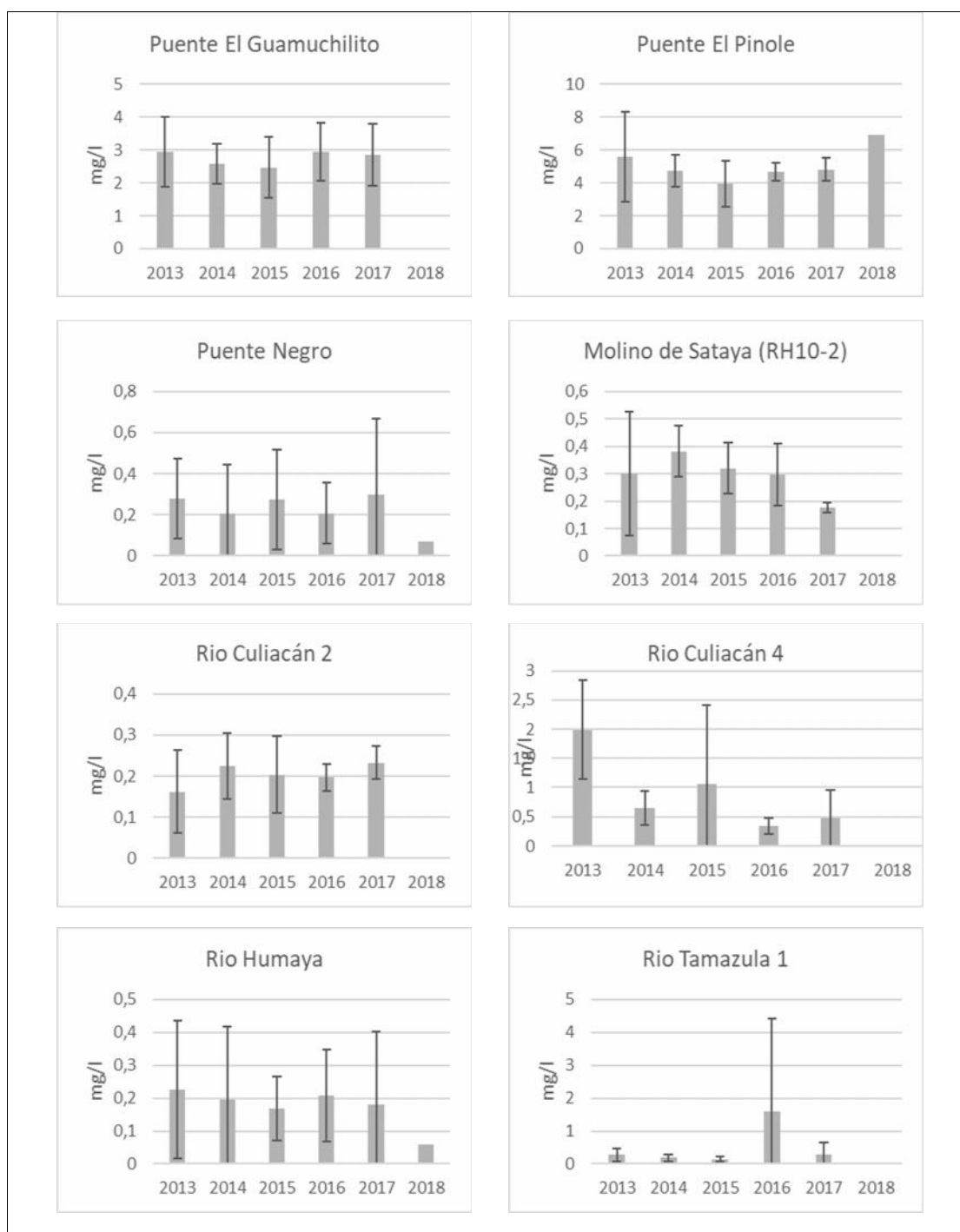


Figura 3. Distribución anual del fósforo total en los sitios de muestreo



Tratamiento del agua residual agrícola con humedales artificiales

En la Tabla 2 se muestran los resultados de remoción de los principales parámetros de calidad del agua durante el tratamiento de ARA con humedales artificiales.

Tabla 2. Remoción de los principales parámetros de calidad del agua durante el tratamiento de ARA con humedales artificiales (TRH, tiempo de residencia hidráulica)

Parámetro, mg/L	Remoción, %		
	TRH = 1d	TRH = 2d	TRH = 3d
DQO	39±4.5	51±6.2	62±5.2
NT	32±3.6	36±4.8	43±4.9
PT	25±4.6	45±3.5	52±6.7
N-NH ₄	37±2.2	45±3.9	52±3.6

DQO, demanda química de oxígeno; NT, nitrógeno total; PT, fósforo total, N-NH₄, nitrógeno amoniacal

Conclusiones

La calidad del agua del río Culiacán presenta variaciones, principalmente incrementos en los mismos años en los que la agricultura se ha incrementado. En términos espaciales, se observa la misma influencia, ya que parece existir una relación entre porcentaje de cobertura agrícola adyacente y la concentración de NT y PT.

Los humedales artificiales indican, durante las pruebas a escala de laboratorio, factibilidad técnica para ser implementados en los drenajes agrícolas de la Región Hidrológica 10 (RH10).

Se recomienda ampliar los resultados a un mayor conjunto de parámetros de calidad del agua en conjunto con un análisis geográfico-ambiental para establecer el impacto de las fuentes de contaminación difusa en la RH10.

RECONOCIMIENTOS

Al proyecto de Cátedras CONACyT Referencia 2572.

Al proyecto de Problemas Nacionales 2017-1 ID. 5020 por la implementación del sistema de humedales artificiales y campañas de muestreo.

Al proyecto de “Estancias Posdoctorales Vinculadas al Fortalecimiento de la Calidad del Posgrado Nacional Convocatoria 2019(1)” en el que participa la Dra. Uriarte-Aceves.

REFERENCIAS

- APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- Benitez, J. A., Fisher, T. R. 2004. Historical land-cover conversion (1665–1820) in the Choptank Watershed, eastern United States. *Ecosystems*. 7(3): 219-232.
- Cotler, H., Garrido, A., Mondragón, R., Díaz, A. 2007. Delimitación de cuencas hidrográficas de México, a escala 1: 250,000. INEGI/INE/Conagua, documento técnico, México [http://www.ine. gob. mx].
- Durán-Domínguez-de-Bazúa, M. D., Navarro-Frómata, A. E., Bayona, J. M. (Eds.). 2018. *Artificial or constructed wetlands: a suitable technology for sustainable water management*. CRC Press, 1ª edición. ISBN-10: 1138739189. ISBN-13: 978-1138739185. Boca Raton, Florida, U.S.
- INEGI-INE-CONAGUA, 2010. Documento técnico del mapa de Cuencas hidrográficas de México (escala 1: 250 000).





Degradación de CN^- y $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ empleando fotocatalisis

Degradation of CN^- and $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ using a photocatalytic process

Jesús Arturo Mata-Márquez, Elim Albiter, José Manuel Barrera-Andrade, Miguel Ángel Valenzuela

Laboratorio de Catálisis y Materiales, ESIQIE-Instituto Politécnico Nacional, Av. IPN s/n, Nueva Industrial Vallejo, 07738 Ciudad de México, México

Abstract

Cyanide is a highly poisonous chemical used in extractive mining to obtain gold, copper, zinc, and silver complexes. The present work shows a potential and effective photocatalytic treatment for the degradation of cyanide complexes using a catalyst. The catalyst was synthesized using a graphene oxide which was linked to TiO_2 P25 using calcination to reduce graphene oxide. The catalytic activity of the hybrids was tested in the degradation of cyanide and the cyanide complex. The reaction conditions were: pH of 10.5 to prevent the formation of HCN gas, air bubbling was injected, and the system was irradiated with UV light. The results showed a complete degradation of cyanide and the partial degradation of the cyanide complex after 180 minutes of reaction time, producing less toxic sub products. At the end of the experiment, metallic nanoparticles were deposited on the surface of TiO_2 , derived from the photocatalytic reduction of the metallic species present in the cyanide complexes.

INTRODUCCIÓN

La gran riqueza mineral de México ha atraído a más de 250 empresas privadas de exploración a México, con operaciones concentradas en los estados del norte: Sonora, Zacatecas y Chihuahua principalmente, lo que hace de la minería sea un importante contribuyente en la economía del país [1]. A pesar de esto, la actividad minera en México a generados grandes daños y en muchos casos representa un riesgo inminente a la salud y al ambiente. El cianuro es un agente químico que consiste en un átomo de carbono conectado a un átomo de nitrógeno por tres enlaces moleculares ($\text{C}\equiv\text{N}^-$). Los cianuros son compuestos tóxicos yaún cambio de pH en el medio (ácido) puede liberar Ácido Cianhídrico, gas generalmente asociado con la máxima toxicidad de estos compuestos [2].

El cianuro ingresa al aire, agua y suelo por las actividades industriales principalmente la minería, estas mantienen altas concentraciones en los lixiviados en los vertederos (agua que se filtra a través del suelo) y en los desechos almacenados en algunos sitios de eliminación (presa de jales), el cianuro se vuelve tóxico para los microorganismos del suelo, el cianuro puede pasar a el agua subterránea contaminándola. El cianuro produce efectos tóxicos a niveles de 0.05 mg de cianuro por decilitro de sangre (mg/dL) o más, y las muertes se han producido a niveles de 0.3 mg/dL y superiores (un decilitro equivale a 100 mililitros) [3].

Se han utilizado diferentes métodos para el tratamiento de los efluentes contaminados con cianuro como tratamientos físicos como dilución, filtración, adsorción usando carbón activado, métodos químicos como cloración alcalina y oxidación con peróxido de hidrógeno, electrólisis, biodegradación y fotocatalisis. Este último, es una opción viable y amigable con el ambiente para el tratamiento de este tipo de efluentes. La fotocatalisis se basa en la activación de un semiconductor al absorber un fotón con la energía suficiente para superar la banda de energía prohibida del catalizador, generando dos foto-especies electrón-hueco. El hueco foto-inducido puede oxidar una molécula donadora adsorbida en la superficie del



catalizador y el electrón en la banda de conducción puede reducir a una molécula aceptora de igual manera adsorbida en el catalizador.

El TiO_2 es el semiconductor más usado en fotocatalisis debido a que es química y biológicamente inerte, no es tóxico, es estable a la corrosión fotoquímica y química, es abundante y económico y, además, posee una banda de energía prohibida (Band gap) 3.2 eV que puede ser excitado con luz UV, la cual puede ser aportada por la luz solar [4]. El TiO_2 es un material comercial y en este caso en particular se compra de la marca Evonic. El TiO_2 se encuentra en tres formas cristalinas: brookita, rutilo y anatasa, siendo las dos últimas las más efectivas en el tratamiento de las aguas residuales. Las bandas de energía prohibida para estas dos fases cristalinas son: 3.2 eV para la anatasa y 3.0 eV para el rutilo. Sin embargo, el empleo del TiO_2 directamente presenta una limitación en su aplicación, que es la alta recombinación de las cargas foto-generadas debido a ello el TiO_2 ha sido modificado con una carga de óxido de grafeno que se reducirá In-situ obteniéndose el óxido de grafeno reducido para mejorar la actividad catalítica del compuesto. La mayoría de las investigaciones han llegado al consenso de que el incremento en la actividad fotocatalítica del óxido de grafeno reducido se debe a que es un excelente aceptor de electrones y por lo tanto asiste a la separación de pares electrón-hueco, que en el caso de esta investigación el óxido de grafeno reducido podrá llevar a cabo la separación de las cargas fotogeneradas en el TiO_2 .

METODOLOGÍA

Se sintetizó el catalizador TiO_2/OG usando como material de partida el óxido de grafeno (OG) previamente sintetizado, se foto-deposito el OG sobre el dióxido de titanio en un solo paso. El compuesto TiO_2/OG fue sintetizado usando 3% en masa de OG y 97% TiO_2 . Todos los catalizadores fueron caracterizados por difracción de rayos X, espectroscopía de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y microscopía electrónica de transmisión (por sus siglas en inglés TEM). El sistema donde se llevó a cabo la reacción fotocatalítica, consta de 8 lámparas UV Hitachi de 8 W con un amperaje de 0.17 A, la intensidad de radiación ultravioleta $11 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ con una longitud de onda máxima de 352 nm dispuestas de manera paralela en grupos de 4 a lados opuestos de una cámara de acero inoxidable aproximadamente a una distancia de 20 cm del reactor (125 mL) colocado en el centro de la cámara y con agitación magnética regulable que permite una agitación vigorosa sin generar salpicaduras. El volumen de reacción fue de 100 mL con una concentración de catalizador constante de 1 g/L y una concentración de 60 ppm de cianuro libre (CN^-). Los tiempos de muestreo fueron de 30 minutos hasta las 3 horas de reacción, el muestreo se realizó tomando 1 mL, la muestra fue filtrada antes de medirla. De igual manera se estudió la reacción fotoquímica del cianuro libre. El valor de pH de la solución de cianuro de potasio fue ajustado con hidróxido de sodio a un valor de 10.5, después se adicionó el catalizador y se dejó agitando durante 30 minutos en oscuridad. De ahí, se tomó una muestra y se encendieron las lámparas. La reacción se estudió durante varias horas, analizando la concentración de cianuro en el medio.

La determinación de las concentraciones de los contaminantes se midió por polarografía. Previamente se realizaron las curvas de calibración para la determinación de cianuro libre y de oro. Las mediciones se llevaron a cabo colocando 10 mL del electrolito de soporte, después se adicionó 0.1 mL de la muestra previamente filtrada a la celda del polarógrafo. Se utilizó la determinación diferencial de pulsos por triplicado y se obtuvo la concentración de cianuro libre y la del complejo cianuro-oro en diferentes momentos durante la reacción. La celda fue purgada con N_2 durante 4 minutos para eliminar la interferencia debida al oxígeno. El electrolito de soporte para cianuro libre fue H_3BO_3 con KOH 1M y para el complejo de $\text{KAu}(\text{CN})_2$ fue EDTA con KOH 1M, los electrolitos fueron preparados empleando agua desionizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se sintetizaron los diferentes catalizadores y ahora se presenta la caracterización física para cada uno de ellos.

En el análisis de los espectros de difracción de rayos X obtenidos se aprecian los picos característicos de los diferentes semiconductores. En la Figura 1A se pueden observar los picos característicos del óxido de grafeno. El pico característico



del óxido de grafeno aparece en un ángulo inferior 9.8° que corresponde al plano cristalino 001 [5]. Los picos ajenos al óxido de grafeno en el rango de 17 a 38° se deben a trazas de impurezas no definidas y no derivadas de los óxidos de manganeso que presentan picos en ángulos superiores a los 50° .

En la Figura 1B se observan los picos característicos del compuesto. En este caso los principales picos de difracción se deben al catalizador TiO_2 que se encuentra en mayor proporción. Se identifican los picos característicos de la fase cristalina anatasa 25.3° , 37.8° , 48.1° y 54.0° que corresponden a los planos cristalinos (101), (004), (200) y (204)[6]. El pico característico del óxido de grafeno reducido a 25.1° no es apreciable debido a la superposición del pico de anatasa a 25.3° sin embargo, es evidente el cambio de coloración tanto del polvo como de la solución generada del compuesto, lo que indica la presencia del óxido de grafeno reducido.

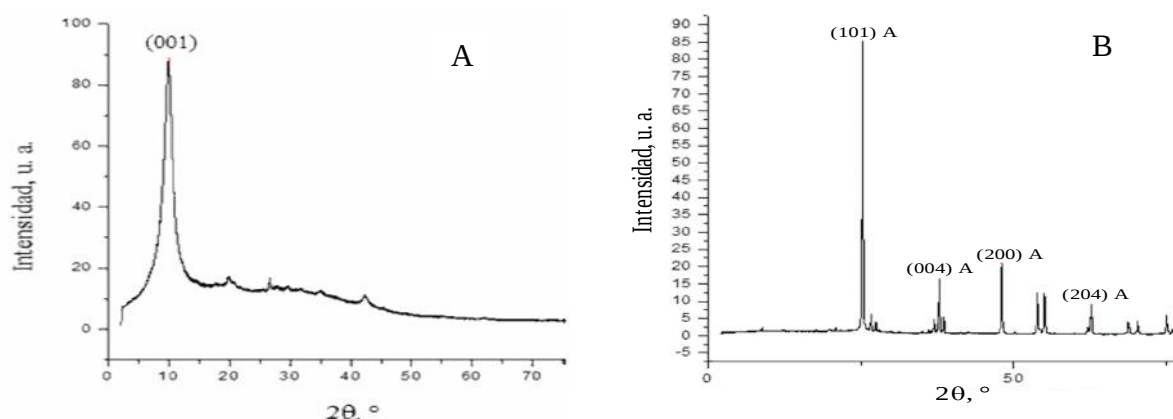


Fig. 1. Difractogramas de los diferentes semiconductores a) OG y b) compuesto

FTIR

En la Figura 2 se pueden apreciar los diferentes espectros FTIR para los diferentes semiconductores. El espectro del OG mostró bandas atribuidas a los grupos epóxido (C-O-C) a 1250 cm^{-1} , carboxilo (C=O) a 1720 cm^{-1} aunque en otras fuentes indican que este pico no es indicativo de ácidos carboxílicos más bien cetonas y quinonas simples e hidroxilo (C-OH) a 1365 cm^{-1} [7].

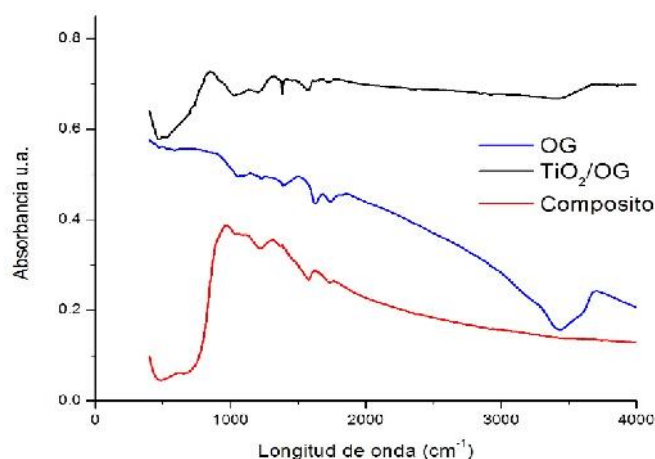


Fig. 2. Espectros FTIR de los diferentes semiconductores



En los espectros de los compositos con óxido de grafeno reducido se puede observar que la mayoría de los grupos funcionales derivados de oxígeno que aparecen han sido removidos. El composito presentó una nueva banda a 1580 cm^{-1} que es atribuida a las vibraciones del esqueleto de la lámina de grafeno y una fuerte banda aproximadamente $500\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ debido al enlace vibracional Ti-O-Ti [8, 9].

En adición una nueva banda a $\sim 1210\text{ cm}^{-1}$ se observó en el espectro, esta puede ser asignada a las vibraciones de los enlaces (Ti-O-C) estas se formaron cuando el grupo hidroxilo en el TiO_2 reaccionó con grupos hidroxilo en el óxido de grafeno reducido [10].

Degradación del cianuro libre en presencia de luz UV

Se llevaron a cabo los diferentes experimentos de degradación del cianuro libre empleando los catalizadores y los resultados se observan en la Figura 3. La luz UV generó una disminución de la concentración de cianuro libre (CN^-) a lo largo del experimento que duró 200 minutos, logrando degradar cerca del 30% de la concentración inicial de CN^- . El catalizador comercial TiO_2 de la marca Evonic logró degradar el 100% del cianuro libre en 200 minutos. En contra parte el catalizador TiO_2/OG que fue sintetizado mediante una simple molienda mecánica entre los componentes, la remoción de CN^- fue superior a la presentada por TiO_2 por sí solo, logrando degradar todo el CN^- en 180 minutos. Sin embargo, el composito logró degradar completamente al cianuro libre en 150 minutos, lo que indica que los semiconductores interaccionan entre ellos favoreciendo la separación de las cargas foto-generadas lo que se traduce en un aumento en la actividad catalítica y por ende un menor tiempo en la degradación del CN^- .

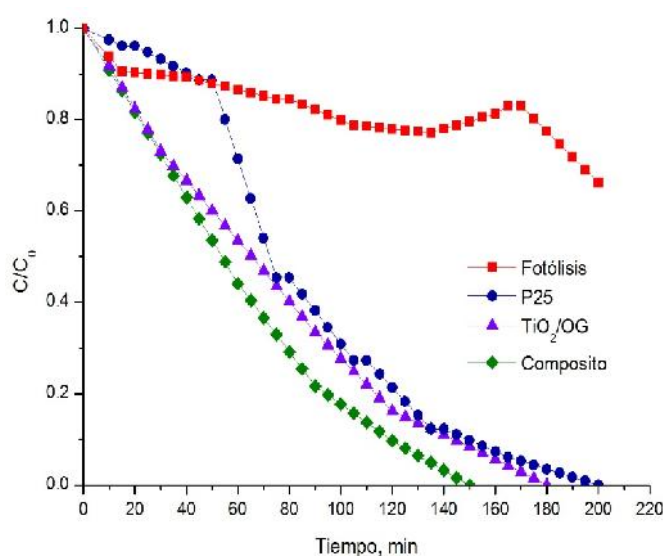


Fig. 3. Perfiles de degradación del CN^- empleando los diferentes catalizadores

En la Figura 4 se observan los perfiles de degradación del complejo de oro-cianuro bajo diferentes condiciones y empleando el composito. En los casos en los cuales se adicionó únicamente aire, luz UV u ambos, el contenido de oro pareciera incrementar en solución, esto se debió a que el oxígeno presente causa una interferencia en la medición del complejo, por ello se presentó un ligero aumento en la concentración inicial. El complejo es muy estable a las condiciones de experimentación. Sin embargo, cuando se usó un agente de sacrificio (alcohol isopropílico) en el reactor junto con el



composito, el oro se disoció, se redujo y depositó en la superficie del composito, obteniéndose un agua libre del contaminante (complejo cianuro-oro) y además se obtuvo un nuevo catalizador modificado con partículas metálicas. Este nuevo catalizador puede ser empleado en el mismo tratamiento del complejo cianuro-oro o en otro tratamiento fotocatalítico, obteniéndose así un proceso de ingeniería verde.

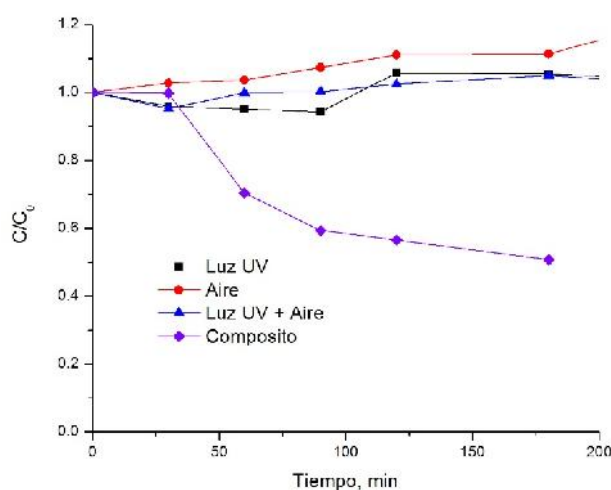


Fig. 4. Perfiles de degradación del complejo (cianuro-oro)

Al observar la disminución en la concentración del complejo cianuro-oro a lo largo del experimento, se evaluó si efectivamente el oro se estaba reduciendo y por ende se depositaba en el composito. Como prueba fehaciente de ello se empleó la metodología de microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HRTEM por sus siglas en inglés), las imágenes del composito fueron tomadas en campo oscuro con el objetivo de observar las partículas de oro depositadas. El alto peso molecular del oro hace que aparezca como puntos brillantes en un fondo oscuro compuesto de TiO_2 y de óxido de grafeno reducido. En la Figura 5 se tiene la micrografía del composito después del tratamiento fotocatalítico en las cuales se aprecia claramente las partículas de oro depositadas en la superficie del catalizador.

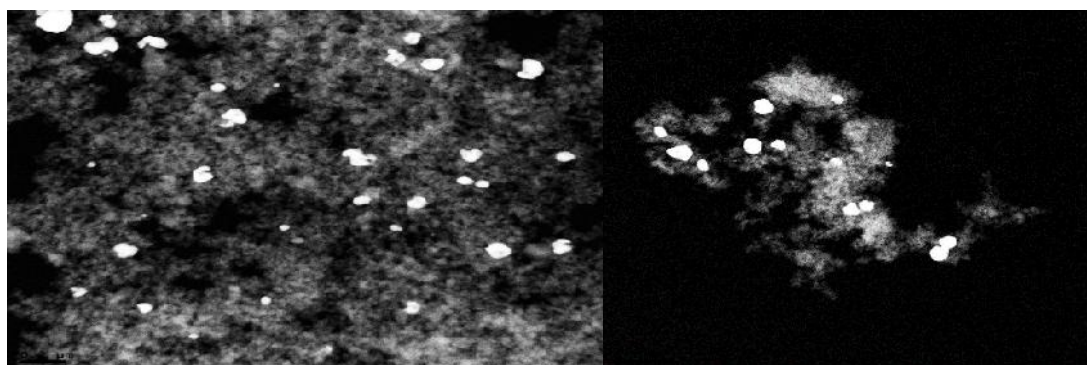


Fig. 5. Micrografías del composito después del tratamiento fotocatalítico



CONCLUSIONES

El OG demostró que puede enlazarse al TiO_2 en un porcentaje de 3% en masa, utilizando radiación UV en solución acuosa, las cargas foto-generadas en el dióxido de titanio reducen al óxido de grafenoIn-situligándolo en su superficie. La aplicación del catalizador TiO_2 /óxido de grafeno reducido mostró un incremento en la eficiencia de degradación de cianuro en solución acuosa bajo irradiación UV. Esto aunado a la estabilidad química que presenta, por lo que permite considerarlo un prometedor fotocatalizador para procesos de oxidación fotocatalítica.

El oro, metal precioso extraído mediante la lixiviación con cianuro, puede depositarse en el fotocatalizador de TiO_2 /óxido de grafeno reducido después del tratamiento fotocatalítico, esto abre la posibilidad de utilizar este catalizador en la eliminación de contaminantes procedentes de la industria minera con el añadido de poder capturar los metales preciosos en bajas concentraciones que son colocados en los desechos.

REFERENCIAS

- [1] Página de internet consultada el 20 de abril de 2019. <http://www.fresnilloplc.com/who-we-are/mining-in-mexico/>
- [2] NMX-AA-058-SCFI-2001 ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE CIANUROS TOTALES EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA, Secretaría de Economía, Ciudad de México, 13 Agosto 2001.
- [3] Página de internet visitada el 27 abril de 2019. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2006). Toxic Substances Portal – Cyanide: TOXICOLOGICAL PROFILE FOR CYANIDE U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=72&tid=19>.
- [4] Li, H., Bian, Z., Zhu, J., Huo, Y., Li, H., Lu, Y. 2007. Mesoporous Au/TiO_2 nanocomposites with enhanced photocatalytic activity. Journal of the American Chemical Society. 129(15): 4538.
- [5] Williams, G., Seger, B., Kamat, P.V. 2008. TiO_2 -graphene nanocomposites. UV-assisted photocatalytic reduction of graphene oxide. ACS Nano. 2(7): 1487-1491. doi:10.1021/nn800251f.
- [6] Chen, C., Cai, W., Long, M., Zhou, B., Wu, Y., Wu, D., Feng, Y. 2010. Synthesis of visible-light responsive graphene Oxide/ TiO_2 composites with p/n heterojunction. ACS Nano. 4(11): 6425-6432. doi:10.1021/nn102130m.
- [7] Dreyer, D.R., Todd, A.D., Bielawski, C.W. 2014. Harnessing the chemistry of graphene oxide. Chemical Society Reviews. 43(15): 5288-5301.
- [8] Peres, N. M. R. 2010. Colloquium: The transport properties of graphene: An introduction. Reviews of Modern Physics, 82(3), 2673-2700. doi:10.1103/RevModPhys.82.2673.
- [9] Nguyen-Phan, T., Pham, V. H., Pham, H., Shin, E. W., Kim, S., Kim, E. J., Hur, S. H. 2011. The role of graphene oxide content on the adsorption-enhanced photocatalysis of titanium dioxide/graphene oxide composites. Chemical Engineering Journal. 170(1): 226-232. doi:10.1016/j.cej.2011.03.060.
- [10] Liang Y.T., Vijayan B.K., Gray K.A., Hersam M.C. 2011. Minimizing graphene defects enhances titania nanocomposite-based photocatalytic reduction of CO_2 for improved solar fuel production. Nano Letter. 11: 2865-2870.



Energía y remoción de nitrógeno en cultivos mixtos de camarones (*Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis sp.*) y macroalga (*Gracilaria vermiculophylla*)

Energy and nitrogen removal in mixed cultures of shrimp (Litopenaeus vannamei), tilapia (Oreochromis sp.) and macroalgae (Gracilaria vermiculophylla)

Presenta: **Dr. Otoniel Carranza-Díaz**

Colaboradores: **Flavio Sánchez-Rodríguez, José Guillermo Galindo-Reyes**

Facultad de Ciencias del Mar. Paseo Claussen S/N Col. Los Pinos. 82000. Mazatlán, Sinaloa, México

Palabras clave: Policultivos, acuicultura multi-trófica integrada, nutrientes, biorremediación

INTRODUCCIÓN

La producción acuícola se ha intensificado de forma constante en las últimas 5 décadas (FAO (2014). Este crecimiento es debido a una serie de factores tales como el crecimiento demográfico y la demanda de alimentos ricos en proteínas (FAO, 2014). En particular, la producción acuícola de crustáceos es una de las actividades más rentables por el alto valor económico, en particular el del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) (Martínez *et al.*, 2010). A pesar de los progresos de la acuicultura de camarón, en los últimos tiempos esta actividad ha enfrentado problemas graves de brotes de enfermedades virales y bacterianas, a causa de una pobre calidad de agua y de suelo, con efectos negativos principalmente reflejados en la baja supervivencia en camarón. Ello se debe en parte a los niveles fatales de parámetros de calidad del agua que afectan el metabolismo, crecimiento, muda y supervivencia de los organismos en cultivos (Plascencia-A., E., Bermúdez-A., 2011). El origen de estos problemas se relaciona con la forma de producción que consiste en prácticas inadecuadas en el uso de productos químicos tales como antimicrobianos, la mala calidad del suelo, el exceso de nitrógeno en las aguas, implementación de sistemas de cultivo intensivo, así como prácticas de monocultivos extensivos fundamentadas en principios no ecológicos (Galindo-Reyes *et al.*, 1999; Wetzel, 2001). Sin embargo, una alternativa para mejorar la supervivencia del camarón puede ser la práctica de policultivos, que consiste en cultivar una o más especie de diferente nivel trófico, promoviendo el desarrollo y supervivencia de los organismos principales y secundarios, mejorando la calidad del agua, que se traduce en la reducción de los compuestos tóxicos de nitrógeno disueltos en el agua (Martínez-P., 2010). La técnica denominada “policultivos” o cultivos mixtos ha sido utilizada para el cultivo de organismos tales como ostiones y camarones (Galindo-Reyes, 2013) así como tilapias (*Oreochromis sp.*), que son peces que pueden ser usados, de acuerdo con su alimentación, como consumidores de las excretas del camarón, así como del alimento no consumido (Attasat *et al.*, 2013). Adicionalmente, se han investigado algunos tipos de macroalgas (e.g. *Gracilaria sp.*), como remedidores ambientales en policultivos. Las macroalgas usan la luz como energía química para construir su biomasa mientras asimilan nutrientes nitrogenados inorgánicos como el ion amonio, nitrógeno amoniacal, nitrito y nitrato respectivamente (NH_4^+ , NH_3 , NO_2^- y NO_3^-). Estos compuestos de nitrógeno son originados del metabolismo de camarones, peces, restos de alimento y las transformaciones biogeoquímicas del nitrógeno dentro del estanque de cultivo (Neori *et al.*, 2004). Adicionalmente, las macroalgas pueden servir como fuente de alimento y oxígeno en los sistemas de cultivo mixtos (Brito *et al.*, 2016). El presente trabajo consistió en investigar la remoción de nitrógeno en cultivos mixtos de camarones (*Litopenaeus vannamei*), tilapias (*Oreochromis sp.*) y macroalga (*Gracilaria vermiculophylla*), comparándola con un sistema convencional de



monocultivo de camarón. En México existe poca experiencia a nivel industrial en cuanto al uso de cultivos mixtos. Por ello, resulta pertinente llevar a cabo estudios que permitan conocer y difundir la tecnología. El presente trabajo se llevó a cabo a escala de laboratorio y fue parte de la tesis de maestría del Biol. Flavio Sánchez Rodríguez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los sistemas experimentales para el estudio del cultivo mixto consistieron en 3 tinas denominadas “policultivos” más 3 peceras denominadas “monocultivos”. Por cada tina se distribuyeron 20 camarones juveniles (*Litopenaeus vannamei*) obtenidos de la Granja Acuícola “Espíritu Santo”, en Sinaloa, México. Seis tilapias juveniles (*Oreochromis sp.*) fueron obtenidas en CETMAR Mazatlán y 265 g de macroalga (*Gracilaria vermiculophylla*) fueron obtenidas del sistema lagunar Urias en Mazatlán. Se trabajó con una salinidad de 20‰. El experimento fue llevado a cabo por triplicado por cada tratamiento (monocultivo vs. policultivo). El experimento se realizó durante un mes en diciembre 2017. A los organismos (tilapia y camarones), se les suministró alimento comercial 2 veces al día en una proporción del 4% de su biomasa y se ajustó el consumo estimado a lo largo del experimento (Brito *et al.*, 2016). Para ambos tratamientos, se cambió el agua al 50% cada 4 días y se midieron los parámetros físicoquímicos pH, oxígeno disuelto, temperatura (°C). Se tomaron muestras de agua de los 2 tratamientos (monocultivo y policultivo) después y antes de cada recambio de agua y se analizaron en el laboratorio. Se determinó el ion amonio empleando el método de azul indofenol propuesto por Riley (1953) y modificado por Strickland y Parsons (1968-1972) (Vives, 2003). Adicionalmente, para la medición de nitrógeno amoniacal, nitrito y nitrato (NH_3 , NO_2^- y NO_3^-), se utilizó un fotómetro multiparamétrico Hanna (HI 83203) para acuicultura. El desempeño productivo de ambos sistemas (monocultivo y policultivo) se determinó a través de medidas de masa corporal y talla de los organismos. Se midió cada 15 días la masa en (g) con una balanza electrónica y la talla de los organismos (mm) con un ictiómetro. La Figura 1 muestra el sistema de cultivo mixto (a) macroalga, (b) tilapias y (c) camarones. Estos últimos fueron colocados afuera de las jaulas (Figura 1) mientras que cada una de las jaulas mostradas en la Figura 1 contuvo a la macroalga y las tilapias, respectivamente.

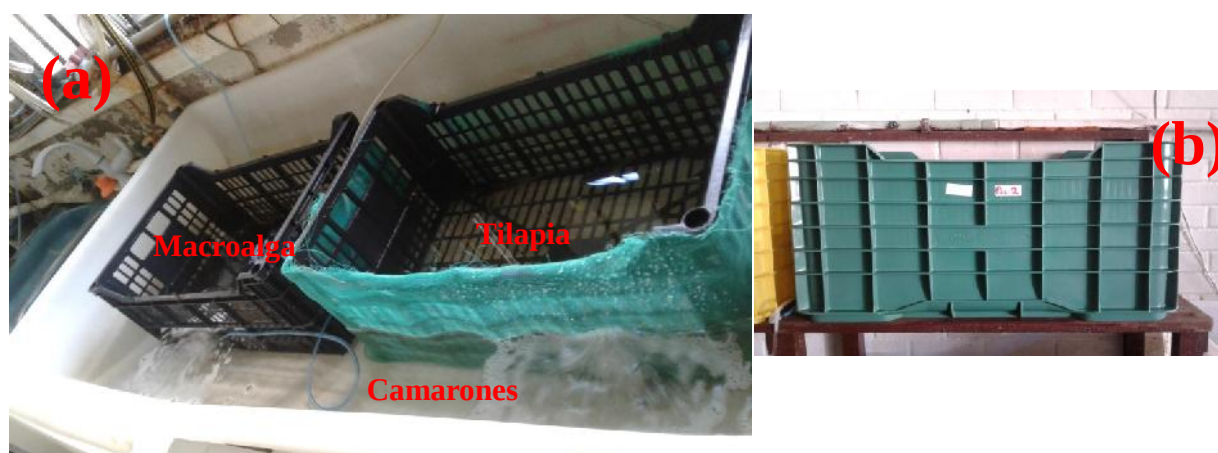


Figura 1. Sistema de cultivo mixto con camarones, tilapia y macroalga (a), monocultivo (b). Figura modificada de Sánchez-Rodríguez (2019)

Las concentraciones de nitrógeno inorgánico total (NIT) y nitrógeno amoniacal total (NAT) se determinaron con las siguientes ecuaciones:

$$\text{NIT (mg/L)} = \text{NH}_4^+ + \text{NH}_3 + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- \quad (1)$$



$$\text{NAT (mg/L)} = \text{NH}_4^+ + \text{NH}_3 \quad (2)$$

Con el fin de comparar el monocultivo y el policultivo tomando en cuenta la diferencia de volúmenes entre el policultivo (80 litros) y el monocultivo (40 litros) se determinaron las masas por cada compuesto de nitrógeno estudiado. El cálculo de las masas se llevó a cabo empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Masa (g)} = \frac{V \cdot C}{1000} \quad (3)$$

donde V es el volumen del policultivo (80 litros) y/o monocultivo (40 litros), C indica la concentración (mg/L) de las especies químicas de nitrógeno en cada uno de los sistemas de cultivo y 1000 es el factor para expresar los resultados en gramos. Por otro lado, la remoción de nitrógeno para cada compuesto estudiado se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{\text{Masa MC} - \text{Masa PC}}{\text{Masa MC}} \times 100 \quad (4)$$

donde Masa MC es el promedio de la masa (g) por especie de nitrógeno entre las muestras tomadas al después y antes de cada recambio, Masa PC es el promedio de la masa (g) por especie de nitrógeno entre las muestras tomadas al después y antes de cada recambio. El valor de 100 en la ec. (4) se utilizó para expresar los resultados en porcentaje. Las diferencias entre monocultivo y policultivo fueron determinadas para cada especie de nitrógeno estudiada (NH_4^+ , NH_3 , NO_2^- y NO_3^-) así como para el nitrógeno inorgánico total NIT y el nitrógeno amoniacal total (NAT). Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Toxicología y en el Laboratorio de Ecofisiología de Organismos Acuáticos y Cultivos de Apoyo para la Acuicultura de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta una selección de resultados de ambos sistemas experimentales de cultivo de organismos acuáticos. La Tabla 1 muestra resultados de las masas por sistema de cultivo y la remoción de nitrógeno cuando se comparó el cultivo mixto con macroalga *Gracilaria vermiculophylla* el monocultivo. Se observó una disminución de las masas de los compuestos seleccionados de nitrógeno en el policultivo con respecto al monocultivo superior al 90 % para nitrito seguida del NAT y finalmente el nitrato presentó la menor remoción. Las reducciones en masas observadas para NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- fueron atribuidas, por un lado, a la asimilación de nutrientes por parte de la macroalga *Gracilaria vermiculophylla* y, por otro lado, a la actividad microbiológica dentro del cultivo mixto favorecida por la integración de tres especies de diferente nivel trófico. A pesar de que condiciones ambientales tales como la intensidad de luz y fotoperíodo fueron estables durante el tiempo de experimentación, se encontró al final del experimento que la biomasa de la macroalga se redujo con respecto de la cantidad inicial de 265 gramos como masa húmeda (Figura 2). Estos resultados pudieron deberse a la cantidad de luz que probablemente no fue la suficiente para promover el desarrollo de la macroalga en el cultivo mixto.

Tabla 1. Remoción de nitrógeno (%) en policultivos y su comparación respecto al sistema en monocultivo

Parámetros	Policultivos (g)	Monocultivo (g)	Remoción (%)
NH_3	0.125	0.275	55
NH_4^+	0.21	0.63	67
NO_2^-	0.045	0.785	94
NO_3^-	2.245	3.495	36
NIT	2.5	4.91	49
NAT	0.335	0.905	63

n = 11

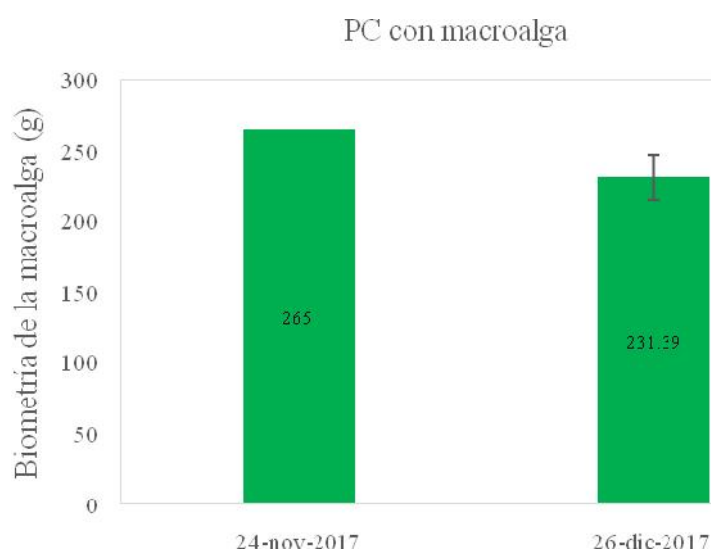


Figura 2. Masa de la macroalga al inicio (24-nov-2017) y al final (26-dic-2017) del experimento

CONCLUSIONES

La camaronicultura es una actividad económica creciente en México. Sin embargo, esta actividad también representa una fuente puntual de contaminación ambiental. En este trabajo se investigó en un sistema a escala de laboratorio la remoción de nitrógeno en un cultivo mixto de camarones (*Litopenaeus vannamei*), tilapias (*Oreochromis sp.*) y macroalga (*Gracilaria vermiculophylla*) y se comparó con un monocultivo de camarón. Las masas de los compuestos NH_3 , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ se redujeron con respecto a los de sistemas con monocultivo. La mejor remoción se encontró para el NAT seguida del NIT, mientras que el nitrito fue el compuesto que mostró remociones superiores al 90%. Los resultados obtenidos confirman que la práctica de cultivo mixto mejora la calidad del agua. Sin embargo, hace falta más investigación para efectos de lograr incrementar el crecimiento de la macroalga en el cultivo y con ello posiblemente mejorar aún más la remoción de nitrógeno. Los resultados de ambos sistemas son prometedores y sientan las bases para seguir investigando hacia sistemas de producción acuícola sustentables.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece al CONACYT por el otorgamiento de la beca para estudios de maestría del M. en C. Flavio Sánchez Rodríguez. Se agradece a la granja “Espíritu Santo” por la donación de camarones (*Litopenaeus vannamei*) para la realización de este estudio. Adicionalmente, se agradece al CETMAR Mazatlán por la donación de tilapias (*Oreochromis sp.*). Asimismo, se agradece al Laboratorio de Toxicología y al Laboratorio Ecofisiología de Organismos Acuáticos y Cultivos de Apoyo para la Acuicultura de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa, sitios en donde se llevó a cabo el presente estudio, por su apoyo colegiado. Esta investigación es parte de la tesis de maestría del M. en C. Flavio Sánchez Rodríguez quien fue becario CONACYT del 2016 al 2018.



REFERENCIAS

- APHA-AWWA-WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17 ed. Spanish translation, Ediciones Diaz de Santos SA. Madrid, España.
- Attasat, S., Wanichpongpan, P., Ruenglerpanyakul, W. 2013. Design of integrated aquaculture of the Pacific white shrimp, tilapia, and green seaweed. *Journal of Sustainable Energy and Environment*. 4: 9-14.
- Brito, L.O., Monteiro, C.A., Pereida da Silva, E., Borda, S.R., Severi, W., Olivera, G.A. 2016. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). *Aquaculture Research*. 47: 940-950.
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
- Galindo-Reyes, J.G., Fossato, V.U., Villagrana-Lizarraga, C., Dolci, F. 1999. Pesticides in water, sediments, and shrimp from a coastal lagoon off the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*. 38(9): 837-841.
- Galindo-Reyes, J.G. 2013. Mixed culture (shrimps, oysters and macroalgae) to improve the productivity, and reduce the environmental impact to coastal ecosystem caused by shrimp hatcheries in Mexico. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*. 5(10): 262-269.
- Martínez-P, M., Martínez-C., L.R., Porchas-C., M.A., Lopez-E., J.A. 2010. Shrimp polyculture: A potentially profitable, sustainable, but uncommon aquacultural practice. *Reviews in Aquaculture*. 2: 73-85.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A. H., Kraemer, G. P., Halling, C., Shpigel, M., Yarish, C. 2004. Integrated aquaculture: rational, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*. 231: 361-391.
- Plascencia-A., E., Bermúdez-A., M. del C. 2011. La acuicultura y su impacto al medio ambiente. CIAD. *Estudio Social*. 1-16.
- Sánchez-Rodríguez, F. 2019. Dinámica de nitrógeno en policultivos de camarón (*Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis sp.*) y macroalga (*Gracilaria vermiculophylla*). Tesis de maestría en Ciencias en Recursos Acuáticos. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, México.
- Vives de A. J.B. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Editorial precolombina. 1-148.
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology - Lake and River Ecosystems, 3rd ed. Academic Press, San Diego, CA.



Página en blanco / *Intentionally blank page*



La minería en México y su relación con el ambiente: Seguimiento de metales pesados

Mining in Mexico and the environment: Heavy metals follow-up

Rodrigo Cuéllar-Briseño, Andrei Moamet Castillo-Garduño, Luis Eduardo Galicia-Alvarado, Gabriela Quiahua-Salvador, Marisela Bernal-González, María-del-Carmen Durán-Domínguez, Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda

¹UNAM, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química, Laboratorios 301, 302, 303 Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, 04510 México D.F. México. marisela_bernal2000@yahoo.com.mx

Resumen

La industria minera es una fuente importante en todo el mundo de empleo y creación de riqueza. Sin embargo, está asociada con impactos negativos en el ambiente. El reaprovechamiento de un efluente proveniente de la operación de flotación de una planta minera cooperante fue realizado en un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA) a escala de laboratorio, el cual tiene un volumen de reacción de 1.9 L. Se inoculó con lodos procedentes de un RALLFA de tratamiento de aguas residuales de la destilación de alcohol a partir de mieles incristalizables de caña de azúcar, la operación del sistema fue por lotes y bajo condiciones isotérmicas. El objetivo principal de esta investigación es disminuir la concentración de sulfatos y metales, reduciendo los sulfatos a sulfuros y con estos precipitando los metales para separarlos, a través del aprovechamiento de microorganismos reductores de sulfato presentes en el sistema de lodos. Se determinaron los siguientes parámetros para darle seguimiento al proceso y a la calidad del efluente: pH, demanda química de oxígeno (DQO), sulfatos (SO_4^{2-}), sulfuros y relación de alcalinidad (α), además de realizar una caracterización química y de especiación del residuo de la minería presente en fase acuosa ya mencionado. Los resultados generados fue una remoción de SO_4^{2-} del 64%, un 80% de DQO y una producción máxima de sulfuros de 288 mgS^{2-}/L . En cuanto a los metales se presentó una remoción por precipitación del 69, 55.8, 37 y 23.8% para el Zn, Fe, Pb y Cu, respectivamente. Puede concluirse que el RALLFA puede bien tratar el agua de la etapa de flotación, precipitando los iones metálicos presentes y disminuyendo su concentración a la salida y amortiguando los bajos valores de pH en la entrada para lograr valores neutros del efluente y que pueda reciclarse el agua al proceso.

Palabras clave: Reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA), sulfatos (SO_4^{2-}), sulfuros (S^{2-})

Abstract

The mining industry is an important source for jobs and wealth generation. However, it is associated to negative impacts for the environment. Water recycling of an effluent of the flotation unit operation of a cooperating mining industry was carried out in an upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB reactor) at laboratory scale, with a reaction working volumen of 1.9 L. It was inoculated with sludge from a similar reactor that bioconverts distillation effluents of the ethyl alcohol industry. The system operation was carried out in batch isothermal conditions. The objective of this research is to reduce the concentrations of sulfates and dissolved metals, reducing sulfates to sulfides and with these sulfides precipitating the metals to separate them, taking advantage of the sulfate-reducing microorganismos present in the sludge. The following parameters were determined to follow-up the effluent quality: pH, chemical oxygen demand (COD), sulfates (SO_4^{2-}), sulfides, and the alkalinity ratio (α). Also, a chemical characterization and speciation was performed. Results indicate a removal of SO_4^{2-} of 64%, a removal of COD of 80%, and a maximum production of sulfides of 288 mgS^{2-}/L . Concerning the heavy metals, a removal by precipitation of 69, 55.8, 37, and 23.8%, for Zn, Fe, Pb, and Cu, respectively was obtained. It may be concluded that a UASB reactor may treat the water of the flotation unit operation, precipitating the metal ions



present and reducing its concentration as well as dampening the low pH values of the influent allowing the recycling of this water to the process.

Keywords: Upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB reactor), sulfatos (SO_4^{2-}), sulfuros (S^{2-})

INTRODUCCIÓN

La industria minera es una fuente importante en todo el mundo de empleo y creación de riqueza. Sin embargo, está asociada con impactos negativos en el ambiente, ya que el agua es requerida en la industria minera para la extracción, procesamiento y transporte de minerales en pasos tales como molienda, separación, flotación, sistemas de enfriamiento, supresión de polvo, agua de lavado, sellos de la bomba para la mezcla de agua y reactivos (García *et al.*, 2014). Por lo tanto, el uso del agua es uno de los problemas más críticos a enfrentar, ya que a medida que los recursos hídricos se vuelven más escasos y las demandas de la sociedad para reducir la extracción de agua dulce tienen cada vez más fuerza, los sitios mineros deben aumentar el reciclaje de este recurso (Liu *et al.*, 2013).

El proceso de flotación se basa en las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas de los minerales. Se trata fundamentalmente de un fenómeno de comportamiento de sólidos frente al agua. Este método patentado en 1906, hoy en día es el proceso más importante de concentración mecánica y de bajo costo, que ha permitido la explotación de yacimientos complejos, los cuales habrían sido dejados de lado sin la ayuda del proceso de flotación. La flotación se ha empleado para separar metales pesados, puede emplearse varios tipos: La flotación por aire disuelto, flotación iónica y precipitación. La primera permite que las microburbujas de aire se adhieran a la partículas suspendidas en el agua, desarrollando aglomerados con menor densidad que está, haciendo que los flóculos se eleven a través del agua y se acumulen en la superficie donde pueden eliminarse como lodo (Lutandula y Mwana, 2014). La flotación iónica se basa en impartir a la especie metal carga mediante el uso de surfactantes y eliminación posterior de estas especies hidrofóbicas por burbujas de aire (Polat y Erdogan, 2007).

Sin embargo este proceso utiliza grandes cantidades de agua que frecuentemente se recicla en circuito cerrado para la separación de los minerales, este procedimiento gradualmente da lugar a perturbaciones en los resultados metalúrgicos debido a la acumulación de reactivos residuales, cambios en la cantidad de sales disueltas, principalmente sulfatos, en el agua y aumento en la cantidad de los llamados lodos o barros (Coetzer *et al.*, 2003; Deo y Natarajan, 1998). Es por ello que muchas empresas mineras están implementando tecnologías que les permitan el reciclado del agua del proceso de flotación, con el objetivo de reducir los costos en el uso de reactivos y tener un manejo adecuado de las aguas residuales provenientes de la extracción de minerales mediante el proceso de flotación, lo que permitirá reducir la huella de esta industria en el ambiente (Shengo *et al.*, 2014).

Una vía de solución a este problema ambiental son los microorganismos reductores de sulfato (MRS) que son organismos anaerobios que utilizan sulfatos como aceptores de electrones para la asimilación de compuestos orgánicos (Gibson, 1990). Son responsables del 50% de la mineralización de la materia orgánica ya que usan los compuestos carbonosos como fuente de energía transformándolos a CO_2 y los sulfatos a sulfuros. El sulfuro (S^{2-}) que se produce en la reducción de los sulfatos reacciona con los iones metálicos para formar los sulfuros metálicos, que son insolubles y, por lo tanto, menos tóxicos, además de que pueden separarse por decantación dejando el agua tratada lista para reutilizarse (Leup, 2004; Poblete-Mier, 2015). Con esto, los MRS pueden ser utilizados para disminuir el consumo de agua de un solo uso en esta industria, inoculándolos en biorreactores anaerobios, precipitando así los sulfatos como sulfuros nuevamente y usando como co-sustrato los agentes químicos residuales carbonosos y logrando así que el agua ya tratada se reutilice exitosamente en el proceso. Los biorreactores poseen ventajas tales como eliminación de metales pesados a pH bajo, lodos estables, bajos costos de operación y consumos de energía mínimo (Burns, 2012). Así, este tipo de tratamientos aportan beneficios en el sector ambiental y en el sector energético, lo que les da un gran impulso a estas alternativas emergentes para una aplicación a escala mundial.



OBJETIVO

Evaluar la precipitación de sulfuros metálicos en un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA) alimentado con un efluente proveniente de la operación unitaria de flotación del proceso seguido en una planta minera cooperante.

METODOLOGÍA

Muestra de agua proveniente de la operación unitaria de flotación

El agua proveniente del proceso de flotación con la que se trabajó fue transportada desde la mina cooperante, a los Laboratorios 301, 302 y 303 del Conjunto E de la Facultad de Química, sin refrigeración. Una vez en los Laboratorios se mantiene en refrigeración a 4°C hasta su uso. Llega en contenedores de plástico de 19 litros de capacidad. Se caracterizó a su llegada para determinar el contenido de carbono que viene de los agentes surfactantes residuales (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización del agua proveniente del proceso basado en la flotación (AP) (Barrera, 2018)

Parámetro	Valor promedio	Unidades
Valor de pH	2.2±0.1	-
Temperatura	28.1±0.268	°C
Conductividad	11.5±0.0777	mS/cm
DQO	116.9±17.6	mg/L
DBO₅	0	mg/L
COT (NPOC)	19.4±0.413	mg/L
Fósforo	5.41±1.6	mg/L
Sulfatos	3202.0±141.9	mg SO₄²⁻/L
Nitratos	3.832±0.135	mg NO₃⁻/L
Sulfuros	0	mg S²⁻/L
Sólidos totales	8703.2±390.7	mg/L
Sólidos totales volátiles	1590±202.3	mg/L
Sólidos totales fijos	7069.1±335.9	mg/L
Sólidos suspendidos totales	1301.1±160.1	mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	278.3±48.5	mg/L
Sólidos suspendidos fijos	971.9±248	mg/L
Sólidos disueltos totales	7822.5±384.9	mg/L
Sólidos disueltos volátiles	1408.0±158.8	mg/L
Sólidos disueltos fijos	6409.2±286.9	mg/L
Cobre	0.142±0.0083	mg/L
Plomo	1.6±0.0814	mg/L
Hierro	3.0±0.126	mg/L
Zinc	11.0±1.26	mg/L

Sistema de tratamiento biológico

Se utilizó un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA) a escala de laboratorio, construido de vidrio, con un diámetro externo de 120mm y una altura de 300mm, que cuenta con un serpentín, también de vidrio, para recircular agua y mantener el reactor a una temperatura constante. Tiene un separador de gases líquido-sólido-gas, conocido como campana, ubicado en la parte superior del mismo. La biomasa bacteriana está presente en forma de granos compactos



que se desarrollan bajo condiciones de flujo ascendente continuo. Su volumen de trabajo es de 1.9L. El sistema es operado por lotes con el fin de reducir el tiempo de residencia hidráulica (TRH) de 12.6 días, para alcanzar de esta manera condiciones de operación continua, dosificando diariamente 150 mL de agua proveniente del proceso basado en la flotación de la mina cooperante (AP) (Fig. 1).



Fig. 1. Sistema completo del reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA) instalado en el laboratorio (en rojo se ven la entrada y salida del agua usada para mantener el reactor isotérmico usando un tanque de almacenamiento del agua recirculada -matraz kitasato-)

Alimentación del sistema

Diariamente se alimentaron 150 mL de influente. Este fue variando su composición para observar el efecto de distintas relaciones $DQO:SO_4^{2-}$, en el comportamiento del reactor. La alimentación estaba compuesta por agua proveniente del proceso basado en la flotación adicionando medio de cultivo general (MCG), agua residual sintética (ARS) y ácido láctico (AL). Las etapas de alimentación se presentan en la Tabla 2 y el sistema completo se presenta en la Fig. 1.

Tabla 2. Etapas de alimentación del RALLFA

Etapas	Semana	$NaHCO_3$ (g)	ARS (mL)	MCG (mL)	AL (mL)	AP (mL)	Alimentación (mL)
1	1	0.25	4.87 _(ARS1)	0	0	145.13	≈150
	2	0.125	4.87 _(ARS1)	0	0	145.13	≈150
	3 - 5	0	4.87 _(ARS1)	0	0	145.13	≈150
2	6 - 8	0	5.66 _(ARS2)	0	0	144.34	≈150
3	9	1	14 _(ARS3)	0	0	136	≈150
	10	0.5	14 _(ARS3)	0	0	136	≈150
	11	0.25	14 _(ARS3)	0	0	136	≈150
	12	0.125	14 _(ARS3)	0	0	136	≈150
	13	0.125	10 _(ARS3)	0	0	140	≈150
5	14	0.5	0	75	0	75	≈150
6	15	0.3	0	37.5	0	112.5	≈150
7	16	0.2	0	18.75	0	131.25	≈150
8	17	2	0	0	1	149	≈150
	18	1.5	0	0	1	149	≈150
	19	0.75	0	0	1	149	≈150
	20	0.35	0	0	1	149	≈150
	21	0.15	0	0	1	149	≈150
	22 - 30	0	0	0	1	149	≈150

Agua proveniente del proceso basado en la flotación=AP; Medio de cultivo general=MCG; Agua residual sintética=ARS; ARS₁ contiene 7.13g/L sacarosa; ARS₂ contiene 20.57g/L sacarosa; ARS₃ contiene 63.0g/L sacarosa; AL= Ácido láctico

Medio de cultivo general (MCG)



Para adaptar los sistemas microbianos, se preparó un medio de cultivo general (MCG) (medio sintético), propuesto por Balch et al. (1979), cuya composición se encuentra desglosada en la Tabla 3. Este es un medio de cultivo específico para los microorganismos sulfato-reductores (MSR). La fuente de carbono de este medio general es el ácido láctico.

Tabla 3. Preparación del medio de cultivo general (MCG) (Vergara-Salgado, 2010)

Componente	Modo de preparación	Volumen
Solución mineral 1	6 g K_2HPO_4 , aforar a 1 L con H_2O	50 mL
Solución mineral 2	6 g K_2HPO_4 , 6 g $(NH_4)_2SO_4$, 12 g NaCl, 2.6 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.16 g $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, aforado a 1 L con H_2O	50 mL
Resazurina (0.1%)	0.1 g de resazurina aforado a 100 mL	1 mL
Solución $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (2%)	20 g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ aforado a 1L con H_2O	0.5 mL
Cisteína		0.5 g
Ácido láctico	Neutralizado con NaOH 6 N	8.5 mL

Agua residual sintética (ARS)

Se preparó un litro de agua residual sintética (ARS), tomando como base valores intermedios de agua residual cruda cuyo contenido de nitrógeno total es de 40 mg-NL^{-1} , fósforo total de 8 mg-PL^{-1} , sulfatos de $30 \text{ mg-SO}_4\text{L}^{-1}$ y DQO total de $637 \text{ mg-O}_2\text{L}^{-1}$. Para obtener dichas concentraciones, al agua de la red de suministro de agua potable fue necesario adicionarle sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) como fuente de carbono, sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$ como fuente de nitrógeno y sulfato, y fosfato monobásico de potasio (KH_2PO_4) como fuente de potasio y fósforo. Además, se utilizó sulfato de sodio (Na_2SO_4) para homogeneizar las cantidades de fósforo entre los distintos niveles de potasio, la cantidad de cada uno de estos reactivos se presenta en la Tabla 4 (Orduña-Bustamante, 2012), a esta agua residual sintética se denominó con las siglas ARS_1 . En la Tabla 5 se presentan la composición de las diferentes fuentes de carbono.

Tabla 4. Formulación para la preparación del ARS_1 (Orduña-Bustamante, 2012)

Reactivo	Cantidad utilizada (g)
$C_{12}H_{22}O_{11}$	7.13
$(NH_4)_2SO_4$	4.72
Na_2SO_4	15.25
KH_2PO_4	1.74
NaH_2PO_4	8.00

Tabla 5. Diferencias entre ARS por etapa

Denominación	Fuente de carbono (g/L)	DQO/ SO_4^{2-} por etapa
ARS_1	7.13 (S)	0.05
ARS_2	20.57 (S)	0.10
ARS_3	63.00 (S)	0.83
ARS_4	63.00 (S)	1.03
ARS_5	10.25 (MG)	0.23
ARS_6	10.25 (MG)	0.60
ARS_7	10.25 (MG)	1.16
ARS_8	1206 (AL)	1.16

S=Sacarosa; MG=Medio general (ácido láctico); AL=Ácido láctico



Parámetros de seguimiento

Los parámetros de seguimiento para la evaluación del sistema fueron: Temperatura (T), pH, conductividad eléctrica, factor de alcalinidad (α), sulfatos (SO_4^{2-}), sulfuros (S^{2-}) demanda química de oxígeno (DQO) y metales (Cu, Fe, Zn y Pb).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Seguimiento del pH

La importancia del pH en un reactor biológico está relacionada con la estabilidad del mismo y su comportamiento, ya que las bacterias sulfato-reductoras (BSR) y las arqueas metanogénicas (AM), producen alcalinidad debido a la degradación de los sustratos, por lo tanto, un pH neutro o lo más cercano en el efluente significa un buen comportamiento del sistema.

En cuanto al influente, el pH comenzó con un valor de 5.7 ± 0.2 y disminuyó a 2.7 ± 1.24 al final de la primera etapa debido a la cantidad de bicarbonato agregado y eliminación paulatina de este. Para la segunda etapa, se mantuvieron valores entre 2.7 y 2.9 ± 0.063 , debido a que se continuó trabajando sin bicarbonato. En la etapa 3 se aumentó el pH de la alimentación para estabilizar el sistema, además que se utilizó en la alimentación una ARS distinta. En la etapa 4 se presentó un valor de pH de 2.617 ± 0.048 debido a los 0.125g de bicarbonato adicionados y un ligero aumento de la alcalinidad producida por el reactor. El medio de cultivo general (MCG), se comenzó a utilizar durante la etapa 5 para aumentar la proliferación de microorganismos y como consecuencia el pH aumentó a 6.857 ± 0.23 . Este valor disminuyó a través de las etapas 6 y 7, ya que fue disminuyendo el porcentaje de MCG en el volumen total de alimentación, así como el bicarbonato adicionado hasta lograr en el efluente del sistema un pH de 6.824 ± 0.05 , lo que indicó un buen funcionamiento del RALLFA.

Para la etapa final, se optó por adicionar al ácido láctico como fuente de carbono en la alimentación y 2g de bicarbonato, lo que permitió obtener un valor de pH alrededor de la neutralidad. Sin embargo, cada semana se disminuyó gradualmente este reactivo químico hasta lograr alcanzar 2 semanas completas libres de bicarbonato y conseguir un sistema estable, por ello el valor promedio del pH en el influente durante la etapa 8 fue de 3.69 ± 2.01 .

Para el efluente, durante las primeras 5 semanas se mantuvo con un valor cercano a 7, de la quinta semana hasta la novena se produjo una disminución drástica a 3.67 ± 0.063 como valor mínimo, debido a la acidificación del sistema. Para las siguientes seis semanas se mantuvo en un intervalo entre 4.91 ± 0.078 y 6.52 ± 0.22 logrando estabilizar el sistema con la adición del medio de cultivo general (MCG), el cual ayudó a la proliferación de las BSR. A partir de la semana 16 correspondiente a la séptima etapa y hasta la octava etapa se mantuvo el valor de pH en el efluente entre 6.76 como mínimo y 7.5 como máximo, siendo esta fase la de mayor producción de sulfuros (280 mg/L) y mejor porcentajes de remoción de DQO y sulfatos con valores de 88% y 75%, respectivamente.

Seguimiento de la demanda química de oxígeno (DQO)

Durante la primera etapa, el sistema se alimentó con la menor carga orgánica dentro del periodo de experimentación. Esto se refleja en el valor de la DQO en el influente, el cual pasó de 960.06 ± 279.47 en la semana 1 a 217.98 ± 22.78 en la semana 5. Se consigue calcular una remoción hasta la semana 4, del 9% aumentando a 19% para la semana 5. Para la segunda etapa, se logró aumentar la cantidad de materia orgánica en el influente, alcanzando una remoción de 24%. Durante la tercera etapa, se incrementó nuevamente la DQO en la alimentación, alcanzando una remoción de 85%. En las siguientes etapas se va reduciendo la cantidad de materia orgánica, además de que se empieza a alimentar con medio general de cultivo. Estos cambios quedan reflejados en los valores de DQO cuantificados y finalmente la octava etapa se suministra a la alimentación ácido láctico, por lo cual, se alcanza una remoción de 83% en promedio.

Seguimiento de sulfatos (SO_4^{2-})

La concentración de sulfatos presentes en el agua proveniente del proceso basado en la flotación (AP), fue $6987 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{L}$. La concentración del influente del RALLFA durante la primera etapa se encontró un valor promedio de $6570 \pm 1100 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{L}$, para la segunda etapa fue de $6662 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{L}$ debido al sustrato adicionado que se utilizó para la alimentación



con el ARS_2 . Durante la tercera etapa se obtuvo una concentración de $6497 \pm 1192 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{L}$ promedio, dónde el aumento de sacarosa en el ARS_3 aumentó la relación DQO/SO_4 a 0.65 como valor promedio en la etapa.

De la cuarta a la séptima etapas, la concentración de los sulfatos presentes durante la semana 13 en la alimentación fue de $5663.28 \pm 555 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{L}$, adicionando 0.125g de bicarbonato de sodio. Sin embargo, la acidificación del sistema debido a la acumulación de AGV y poca degradación de los mismos, tuvo que ser contrarrestada con la mezcla en la alimentación del medio de cultivo general en la semana 14. Por lo tanto, los sulfatos disminuyeron a $2411.35 \pm 123 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{L}$ para la quinta etapa. En las siguientes dos etapas (sexta y séptima) el valor obtenido fue de 3506.38 ± 87 y $4087.94 \pm 79 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{L}$, respectivamente. Con un 50, 25 y 12.75% de medio de cultivo general (MCG) en la alimentación del RALLFA para la 5, 6 y 7 etapa. Por último, la etapa en la cual se adicionó ácido láctico a la alimentación del RALLFA, estuvo conformada por 7 semanas, con un promedio de sulfatos presentes de $5289.16 \pm 355 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{L}$ y un máximo en porcentaje de remoción en la última semana (64%).

Respecto de los porcentajes de remoción por etapa, claramente la octava etapa mostró mejores resultados con un 43.8% en general y una remoción nula para las etapas cuarta, quinta y sexta que corresponden a las semanas 13, 14 y 15, respectivamente. La máxima remoción fue de 64.27%, durante la semana 23, por lo tanto, se puede decir que la mejor alimentación sería con ácido láctico obteniendo una relación $\text{DQO}/\text{SO}_4^{2-}$ de 1.16.

Seguimiento de sulfuros (S^{2-})

La concentración de mgS^{2-}/L en el RALLFA fueron determinados en el AP, influente y efluente durante toda la fase experimental. El AP no cuenta con sulfuros presentes, esto puede deberse a la oxidación de éstos a sulfatos debido a su exposición a las condiciones ambientales y al almacenamiento. Por lo tanto, el influente presentó valores bajos de 0.92 ± 1.12 , 0.12 ± 0.3 , $1.32 \pm 1.4 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$ para las etapas 1, 2 y 3, respectivamente. En la cuarta etapa el valor fue de $1.6 \pm 0.97 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$, durante las etapas que comprenden el periodo de alimentación con MCG se tuvieron valores de 1.28 ± 0.44 , 0.96 ± 0.66 y $1.28 \pm 0.44 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$, para las etapas 5, 6 y 7 respectivamente. La octava etapa presentó un aumento a $4.34 \pm 3 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$ promedio, que puede ser a las interferencias presentadas por la cantidad de bicarbonato, sin embargo, el valor es mínimo y no afectó de manera significativa los sulfuros producidos en el reactor. Por el contrario, la producción de sulfuros se vio reflejada en el aumento de la concentración en el efluente del RALLFA a lo largo de las 8 etapas. En la primera etapa, se produjeron $20.47 \pm 7 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$ promedio y 32.8 mg sulfuro como máximo en la tercer semana. La segunda etapa tuvo un descenso a 2.77 ± 0.74 y un máximo de $20 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$, todo esto debido a la acidificación. En cuanto a la tercera etapa, la producción se elevó a $13 \pm 3.86 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$ debido al cambio de ARS con mayor concentración de sacarosa, ya que, en la cuarta etapa 4 presentó una cantidad similar, $13.6 \pm 5.36 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$, pero distinta relación DQO/SO_4 0.83 y 1.03, respectivamente. Para las etapas en las cuales el sistema fue alimentado con un porcentaje de medio de cultivo general MCG y que corresponden a las etapas 5, 6 y 7, los sulfuros producidos en el RALLFA aumentaron gradualmente a 16 ± 4 , 18.4 ± 5.36 y $24 \pm 7.48 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$, respectivamente y en forma notable para la octava etapa corresponde a la adición del 1% el ácido láctico a la alimentación se determinó un máximo de $288 \text{ mgS}^{2-}/\text{L}$ producido por el RALLFA.

Determinación de cobre (Cu)

La concentración en el influente del Cu, para la primera etapa fue de $0.1324 \pm 0.006 \text{ mg Cu}/\text{L}$, durante la segunda etapa el valor aumentó ligeramente a $0.1692 \pm 0.015 \text{ mg Cu}/\text{L}$, mientras que la máxima concentración se presentó en la tercera etapa con $0.2023 \pm 0.024 \text{ mg Cu}/\text{L}$. En la cuarta etapa en la que se alimentó ARS, el valor de cobre obtenido fue $0.1561 \text{ mg}/\text{L}$, logrando un porcentaje de remoción de 34.7%. Para el periodo en el cual el RALLFA fue alimentado con MCG, el cobre en el influente disminuyó a 0.1321, 0.1417 y 0.1441 mg Cu/L en la quinta, sexta y séptima etapas, respectivamente. Durante la octava etapa la concentración en el influente fue de $0.1441 \pm 0.023 \text{ mg Cu}/\text{L}$ con un valor máximo de 0.1922, no se presentó remoción en la primera semana. Esto pudo deberse al periodo de crecimiento de la ecología microbiana, por lo que, el sistema se encontraba en una fase de transición. La remoción en promedio de esta etapa fue de 23.8%. El efluente alcanzó concentraciones de $0.0221 \text{ mg Cu}/\text{L}$, lo cual se reflejó en porcentajes de remoción de 82.35% como máximo y 64.3% promedio para la primer etapa. En la segunda etapa, los valores a la salida fueron menores a $0.05 \text{ mgCu}/\text{L}$, con remociones



alrededor del 73% promedio. En la tercera etapa, la acidificación del sistema aumentó la concentración de cobre a 0.0695 ± 0.0197 mg Cu/L promedio y máximo de 0.098 mgCu/L. Una vez que se alcanzó el valor alrededor de 0.1 mgCu/L en la cuarta etapa, se mantuvo hasta el final de la experimentación, independientemente del cambio de alimentaciones y estabilidad del reactor. Esto dio como resultado remociones variadas y no muy elevadas respecto de las iniciales. El mayor porcentaje de remoción de cobre fue de 82.35%, como ya se mencionó, en la etapa alimentada con ARS correspondiente a la menor cantidad de sacarosa. En la Figura 2 se correlaciona la remoción de Cu, la producción de sulfuros y la relación de $DQO:SO_4^{2-}$, lo cual indica que para obtener la mayor remoción de Cu es necesario tener un pH alrededor de 7 y una relación de $DQO:SO_4^{2-}$ de 0.4 a 0.6. Estas consideraciones cambiarán de acuerdo con el metal en estudio.

Determinación de plomo (Pb)

Este metal, fue el segundo de menor presencia en el sistema y solubilidad, después del cobre demostrando una buena recuperación de ellos en los concentrados que son el producto del proceso. En la primera etapa el RALLFA fue alimentado con 1.532 ± 0.399 mg/L de plomo en promedio, con una salida de 1.2213 ± 0.221 mg Pb/L y una remoción del 20.28%. En la semana 6, el influente presentó valores cercanos al efluente (1.8428 y 1.7842 mg Pb/L, respectivamente), y así se mantuvieron los valores hasta la onceava semana 2.100 mg Pb/L (Influente) y 1.9374 mg Pb/L (Efluente), presentando un máximo de 2.4172 mg Pb/L (Influente). Por otro lado, la remoción presentó un porcentaje del 3% en la primera etapa y 7% al final de la segunda etapa, con una remoción máxima del 22% al final de la tercera etapa. La cuarta etapa en general, tuvo un 34.11% de remoción con concentraciones 1.85 mg Pb/L (Influente) y 1.219 mg Pb/L (Efluente). Durante quinta etapa la remoción tuvo un aumento a 49.56% contando con 1.9415 mg Pb/L (Influente) que estaba conformada con el 50% de MCG, hasta lograr la mayor remoción del 83.32% dentro de la sexta etapa, el influente contenía 2.3077 mg Pb/L y el efluente presentó valores de 0.3848 ± 0.1435 mg Pb/L. En la séptima etapa alimentada con de MCG, la concentración mantuvo en 1.8623 mg Pb/L y el efluente presentó valores de 0.6177 ± 0.451 mg Pb/L; alcanzado 66.83% de remoción. Para la octava etapa, se manejó un influente con una concentración 1.5236 mg Pb/L como concentración mínima y 2.1840 mg Pb/L como máxima. El valor promedio fue de 1.7727 ± 0.197 mg/L de Pb. En cuanto al efluente, la concentración mínima y máxima fue de 0.7499 y 1.3121 mgPb/L, respectivamente; además un promedio de 1.1095 ± 0.219 mg/L Pb. También se obtuvo el máximo porcentaje de remoción en la octava etapa alcanzando 65.66 y un mínimo de 21.84%. El promedio de remoción se encontró alrededor de 37.41%. En la Figura 3 se correlaciona la remoción de Pb, la producción de sulfuros y la relación de $DQO:SO_4^{2-}$, lo cual indica que para obtener la mayor remoción de Pb es necesario tener un pH entre 5.2 a 6.2 y una relación de $DQO:SO_4^{2-}$ arriba de 1.

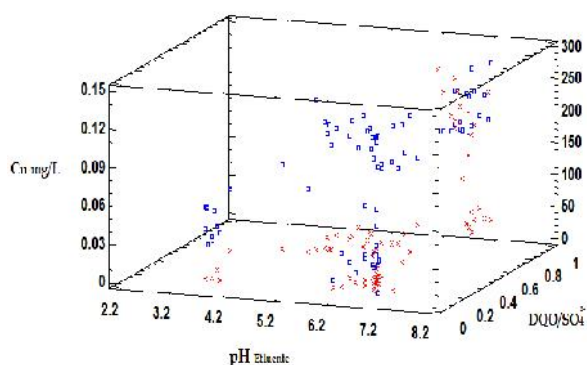


Fig. 2. Comportamiento del cobre (Cu) en el RALLFA

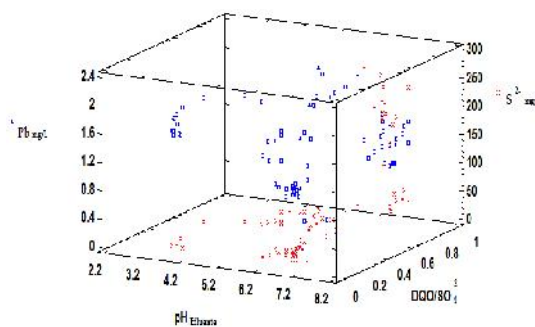


Fig. 3. Comportamiento del plomo (Pb) en el RALLFA

Determinación de hierro (Fe)

El comportamiento del hierro en el influente y efluente fue muy similar durante la mayoría del experimento. Por ejemplo, durante las primeras 9 semanas, prácticamente no hubo remoción de este metal. Es en la semana 10 (Etapa 3), el porcentaje



de remoción fue de 47.3%. La siguiente semana de 64.25%, con un valor de 2.67 y 0.9558 mg Fe/L en alimentación y efluente, respectivamente. Sin embargo, en la cuarta y quinta etapa, nuevamente no se presentó remoción de hierro. El efluente, se comporta de la misma manera que la alimentación, con valores cercanos a 3 mg Fe/L en ambos periodos. A partir de la semana 15, se presentan remociones de hierro, ya que el reactor se estabilizó, evitando la solubilidad del hierro a pH más bajos. La acción del MCG ayudó a reducir la cantidad de hierro en la salida del reactor, ya que durante la última fase el valor del influente fue de 1.7669 ± 0.271 mg Fe/L mientras que en el efluente se logró obtener 0.6538 ± 0.049 mg Fe/L, permitiendo que durante la octava etapa se presentara una remoción del 55%, con un máximo de 65% en la semana 19. En la Figura 4 se correlaciona la remoción de Fe, la producción de sulfuros y la relación de $\text{DQO}:\text{SO}_4^{2-}$, lo cual indica que para obtener la mayor remoción de Fe es necesario tener un pH neutro y una relación de $\text{DQO}:\text{SO}_4^{2-}$ arriba de 1.

Determinación de zinc (Zn)

El influente manejó un valor de 3.0787 ± 1.135 mg Zn/L en la primera etapa. El segundo periodo registró un aumento a 4.8934 ± 2.108 mg Zn/L en la alimentación. Para la tercera etapa el promedio fue de 5.9614 ± 1.7589 mg Zn/L, con un valor máximo de 7.778 mg Zn/L en la semana 11. Los porcentajes de remoción en las primeras 3 etapas fueron de 37.27, 78.94 y 89.24%, respectivamente. Valores considerablemente altos, con respecto del Fe y el Cu. La cuarta etapa mostró una concentración de 3.7131 mg Zn/L en el influente, que significó la reducción casi a la mitad respecto a la etapa anterior. El efluente rondó el valor de 1 mg Zn/L, con un porcentaje de remoción de 71.90%. El periodo alimentado con MCG constó de 4.3155, 5.4180 y 4.684 mg Zn/L, respectivamente, con una salida de 0.8078 ± 0.119 , 0.6034 ± 0.1044 y 0.6256 ± 0.116 mg/L de zinc en las etapas 5, 6 y 7, respectivamente. En cuanto a los porcentajes de remoción, fueron 81.28 en la quinta etapa. La sexta contó con el máximo de 88.86 y con 86.64% en la séptima etapa. Finalmente, en la octava etapa la remoción comenzó en 70%, después subió a 86.53% y con un 69% aproximadamente para las últimas dos semanas de la etapa.

En la Figura 5 se correlaciona la remoción de Zn, la producción de sulfuros y la relación de $\text{DQO}:\text{SO}_4^{2-}$, lo cual indica que para obtener la mayor remoción de Zn es necesario tener un pH entre 6.2 y 7.5 y una relación de $\text{DQO}:\text{SO}_4^{2-}$ arriba de 0.8.

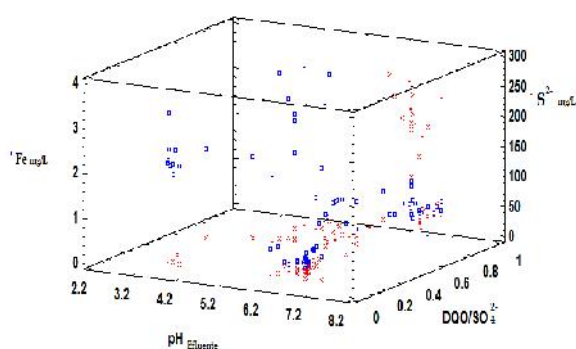


Fig. 4. Comportamiento del hierro (Fe) en el RALLFA

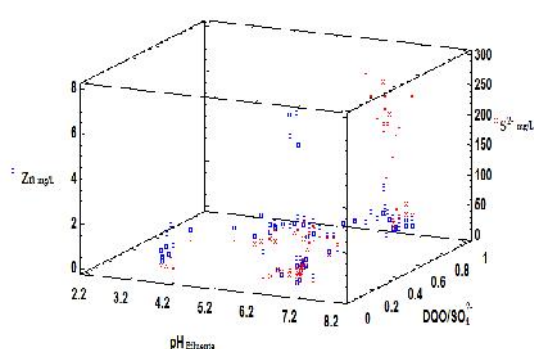


Fig. 5. Comportamiento del zinc (Zn) en el RALLFA

CONCLUSIONES

- La producción de sulfuros alcanzó los 288 mg/L en la etapa final del experimento, que permitió remover el 69, 55.8, 37 y 23.8% para el Zn, Fe, Pb y Cu, respectivamente. Estos valores se lograron mediante su determinación por EAA, del influente y efluente. Por lo tanto, las condiciones de operación del reactor y de la metodología empleada para los análisis pueden considerarse apropiadas.



- La última etapa (cuya fuente de carbono fue ácido láctico), permitió tratar 149 mL de AP con 1 mL AL, con un correcto funcionamiento del sistema, donde se mantuvo una estabilidad y producción constante de sulfuros, así como, remoción de metales.
- La caracterización del efluente de la operación de flotación de la mina cooperante se llevó a cabo exitosamente.
- Se operó el sistema de tratamiento exitosamente, consistieron en 8 etapas de distinta duración, debido al tipo de influente, ya que la relación DQO/SO₄ no fue constante.
- Los sulfuros producidos por el RALLFA se evaluaron correctamente durante la fase experimental, así también los tipos de influente manejados a lo largo de la misma, permitiendo conocer los porcentajes de remoción del tipo de metal, etapa, y semana.
- El porcentaje de remoción de sulfatos presentes máximo alcanzado fue de 64.27% por semana, de 43.82% por etapa, siendo la ocho donde mejor se disminuyó la concentración de este compuesto. Los sulfuros producidos, también alcanzaron su mejor nivel en esta etapa, llegando a tener un alta producción, de 288 mg S²⁻/L.

RECONOCIMIENTOS

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM: Los reactivos, consumibles y materiales empleados en esta investigación fueron adquiridos con el apoyo financiero parcial del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) “Tratamiento de un efluente proveniente del proceso de flotación de una planta minera mediante un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA)” Clave IN115118, así como a los Programas de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza, (PAPIME) con Claves PE100514, EN103704 y PE101709. También contribuyeron con recursos financieros parciales el Programa de Apoyo a la Investigación y el Posgrado de la Facultad de Química de la UNAM, PAIP, Claves 50009067 y 50009065.

Nota de los autores

Esta contribución escrita mejorada se presentará como cartel en septiembre en el IX Minisimposio Internacional sobre Remoción de Contaminantes de Atmósfera, Aguas y Suelos a realizarse en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. También se envió para publicación a la revista *Ambiens, Techné et Scientia México*.

REFERENCIAS

- Balch, W.E., Fox, G.E., Magrum, L.J., Woese, C.R., Wolfe, R.S. 1979. Methanogens: Reevaluation of a unique biological group. *Microbiological Reviews*. 43: 260-296.
- Barrera-Mena, L.M., Bernal-González, M., Bazúa-Rueda, E.R., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2018. *Effect of hydrogen sulfide on the growth of sulfatoreducing organisms in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor / Efecto del sulfuro de hidrógeno sobre el desarrollo de organismos sulfato reductores en un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA)*. Conferencia presentada en la *Fourth Round Table of Experts: Green chemistry and engineering and the education / Cuarta mesa redonda de expertos: Química e ingeniería verdes y la educación*. En Libro Final del Noveno Seminario Internacional de Ex-Becarios de Alemania sobre Ingeniería Verde y sus Aplicaciones a la Gestión del Agua (Calidad y Disponibilidad) en Honor del Dr. Peter Kusch / *Final Book of the NINTH INTERNATIONAL ALUMNI and ALUMNAE SEMINAR on GREEN ENGINEERING AND APPLICATIONS TO WATER MANAGEMENT (QUALITY AND AVAILABILITY) in Honor of Dr. Peter Kusch*. ISBN 978-607-7807-07-0. Pub. Universidad Nacional Autónoma De México. Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental.



Facultad de Química y ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C. Ciudad de México, México.

- Burns, A.C. 2012. Performance and microbial community dynamics of a sulfate-reducing bioreactor treating coal generated acid mine drainage. *Biodegradation*. 23(3):415-429.
- Calixto-Cano, K.L., May-Gómez, A., Barrera-Mena, L.M., Bernal-González, M., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C., Bazúa-Rueda, E.R. 2017. Reconocimiento al mejor cartel del SEGUNDO ENCUENTRO ESTUDIANTIL DE INGENIERÍA QUÍMICA UNAM. Conversión bioquímica de sulfatos disueltos en el efluente líquido proveniente del proceso de flotación de una planta minera en un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA). UNAM, Facultad de Química, Coordinación de la Carrera de Ingeniería Química. Noviembre 07. Cuautitlán-Izcalli, Estado de México, México.
- Coetzer, G., du Preez, H.S., Bredenhann, R. 2003. Influence of water resources and metal ions on galena flotation of Rosh Pinah ore. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 103(3): 193-207.
- Deo, N., Natarajan, K.A. 1998. Biological removal of some flotation collector reagents from aqueous solutions and mineral surfaces. *Minerals Engineering*. 11(8): 717-738.
- García, V., Häyrynen, P., Landaburu-Aguirre, J., Pirilä, M., Keiski, R.L., Urtiaga, A. 2014. Purification techniques for the recovery of valuable compounds from acid mine drainage and cyanide tailings: Application of green engineering principles. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 89(6): 803-813.
- Gibson, G.R. 1990. Physiology and ecology of the sulphate-reducing bacteria. *Journal of Applied Microbiology*. 69:769-797.
- Leup, J. 2004. Molecular quantification of sulfate-reducing microorganisms. *FEMS Microbiol*. 47(2):207-214.
- Liu, W., Moran, C.J., Vink, S. 2013. A review of the effect of water quality on flotation. *Minerals Engineering*. 53: 91-100.
- Lutandula, M.S., Mwana, K.N. 2014. Perturbations from the recycled water chemical components on flotation of oxidized ores of copper - The case of bicarbonate ions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2(1): 190-198.
- Oleszkiewicz, J.A., Marstaller, T., McCartney, D.M. 1989. Effects of pH on sulphide toxicity to anaerobic processes. *Environmental Technology Letters*. 10(9): 815-822
- Orduña-Bustamante, M.A. 2012. Efecto de la relación nitrógeno:potasio en la eficiencia de remoción de contaminantes carbonosos y nitrogenados en agua en sistemas de laboratorio que simulan humedales artificiales. Dissertation, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Ingeniería Ambiental, Agua) UNAM, Mexico City. <http://132.248.9.195/ptd2012/mayo/0679685/Index.html> (In Spanish)
- Poblete-Mier, C.A. 2015. Arranque y operación de un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA) para el tratamiento de un efluente proveniente del proceso de flotación de una planta minera. B. S. Thesis in Chemical Engineering, Facultad de Química, UNAM, Mexico City. <http://132.248.9.195/ptd2015/noviembre/0738039/Index.html> (In Spanish)
- Polat, H., Erdogan, D. 2007. Heavy metal removal from waste waters by ion flotation. *Journal of Hazardous Materials*. 148(1):267-273.
- Shengo, L.M., Gaydardzhiev, S., Kalenga, N.M. 2014. Assessment of water quality effects on flotation of copper-cobalt oxide ore. *Minerals Engineering*. 65: 145-148.
- Vergara-Salgado, S. 2010. Identificación de bacterias metanogénicas y sulfatorreductoras en tres reactores de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA) operando a 45, 55 y 65°C. B. S. Thesis in Biology, FESZ, UNAM, Mexico City. <http://132.248.9.195/ptb2011/agosto/0671339/Index.html> (In Spanish)



Página en blanco / *Intentionally blank page*



Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la conservación de fauna silvestre

Application of Geographic Information Systems (GIS) in the Conservation of Wildlife

E. Rodríguez-Bustamante^{1*}, R. Arreguín-Espinosa¹, C.A. López-González², N.E. Lara-Díaz^{3*}

¹Departamento de Química de Biomacromoléculas, Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria. Apdo. Postal 70250, 04510 Ciudad de México, Mexico, Phone / Teléfono: (+52) 5556224468; Fax: (+52) 5556162203

²Universidad Autónoma de Querétaro

³Soluciones Ambientales, ITZENI, A.C.

**Authors to whom correspondence should be addressed / Autores a quien debe dirigirse la correspondencia:*

erodriguezb@gmail.com

lara.nalleli@gmail.com

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan un conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real, a partir de la integración de seis componentes (personal, organización, software, hardware, información geográfica y métodos). En la actualidad sus aplicaciones son muy amplias y pueden extenderse a áreas tanto medioambientales como socioeconómicas. Dentro de las ambientales, la conservación de la fauna silvestre, definida como animales que viven de forma libre y sin estar bajo la domesticación del ser humano, ha recibido considerable atención durante los últimos años. Uno de los elementos básicos para ello es la evaluación del hábitat, que representa el área espacial junto con sus factores bióticos y abióticos, donde una especie animal puede desarrollarse. La conjunción de las variables que forman parte del hábitat y determinan la viabilidad de las especies en él, puede ser evaluada a través de herramientas de SIG, con base en una visión holística como la que proporciona la ecología del paisaje, e incidir en los programas de conservación de fauna silvestre en múltiples escalas espaciales y temporales.

Palabras clave: sistema de información geográfica, fauna silvestre, manejo y conservación, evaluación del hábitat, ecología del paisaje

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) represent a set of tools designed to obtain, store, retrieve and display spatial data of the real world, through the integration of six components: personnel, organization, software, hardware, geographic information, and methods. At present, its potential is very broad and can be applied in both environmental and socioeconomic fields. Within the environmental area, conservation of wildlife, defined as animals that live freely, without being domesticated by humans, has received considerable attention in recent years. A basic element for this task is the evaluation of the habitat, which represents the spatial area, comprising biotic and abiotic factor, where an animal species can develop. The conjunction of multiple variables that define a habitat and determine the viability of the species within it, can be evaluated by the use of GIS tools, taking into consideration a holistic perspective such as the one provided by landscape ecology, in order to assess wildlife conservation programs in both spatial and temporal scales.



Keywords: Geographic information system, wildlife, management and conservation, habitat evaluation, landscape ecology

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, se define a un Sistema de Información Geográfica (SIG) como un conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real (INEGI, 2014). Para comprender dicha definición, es necesario conocer los dos componentes del término SIG (Rodríguez Lloret y Olivella, 2009):

- SI (sistema de información).
- IG (información geográfica).

Por sistema de información se entiende al uso conjunto de la información (datos) y de las herramientas informáticas (*software*) para su análisis con objetivos concretos (Peña, 2006). Por otra parte, la información geográfica se refiere al conocimiento sobre “dónde se encuentra algo” o bien, “qué hay en determinado lugar” (Rodríguez Lloret y Olivella, 2009). No obstante, además de los componentes ya descritos (SI+IG), INEGI (2014) señala que un SIG está conformado por los siguientes elementos (Fig. 1):

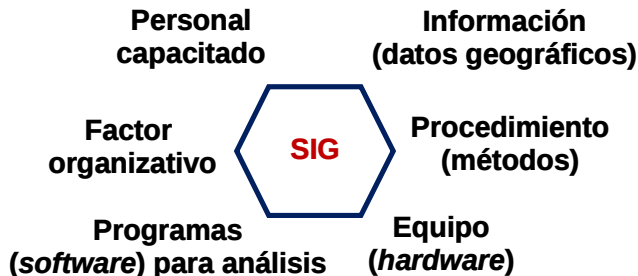


Fig. 1. Integración de un Sistema de Información Geográfica (SIG), a través de sus seis componentes

Dentro de este esquema, los datos geográficos o espaciales constituyen la materia prima de los SIG y son la parte mediante la cual se representa al mundo real, es decir, la abstracción de la realidad. Los datos geográficos se definen por tres aspectos: componente espacial (dónde), componente temático (qué) y componente temporal (cuándo) (Rodríguez Lloret y Olivella, 2009). El componente espacial permite conocer la localización y posición de los objetos mediante un sistema de coordenadas. Para ello se cuenta con dos modelos básicos:

- Vectorial- espacio geográfico continuo representado por puntos, líneas o polígonos.
- Raster- espacio discreto representado por una malla regular de celdas (píxeles) a las que se les asigna un determinado valor.

El componente temático conjunta las características (atributos o variables) de los objetos de un SIG, mientras que el temporal se centra en la expresión de los fenómenos geográficos de forma dinámica a través del tiempo.

Los SIG se están convirtiendo en una herramienta de uso común en nuestra sociedad, debido a los avances en la generación de información especializada y, al rápido y fácil acceso de esta información a través de internet. Hoy en día, los SIG han recibido atención tanto en el área socioeconómica por medio de censos y muestras, como en ciencias medioambientales



mediante mapas topográficos, mapas temáticos, modelo digital de elevaciones (MDE), fotos aéreas, imágenes satelitales, reportes de campo y reportes de laboratorio (INEGI, 2014). Entre los ámbitos de su amplia gama de aplicaciones destacan los siguientes (Molina y Barros, 2005; Rodríguez Lloret y Olivella, 2009):

- Administraciones públicas- gestión de recursos, decisiones políticas, seguridad pública, planeamiento urbano, transporte y catastros, entre otros.
- Agricultura- planificación de cultivos, análisis del campo y planificación del uso eficiente de fertilizantes y agroquímicos.
- Ambientales/científicas- estudios sobre impacto ambiental, evaluación del estado de conservación de hábitats, modelos dinámicos, modelos cartográficos y teledetección.

En las ciencias ambientales, una de las ventajas adicionales de utilizar SIG es que a partir de elementos básicos, permiten trabajar y proyectar datos en una variedad de escalas espaciales y temporales, lo que responde a diferentes necesidades para de la conservación de especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas. El objetivo de este trabajo consiste en mostrar el potencial de los SIG para tareas de conservación de fauna silvestre.

Fauna silvestre: manejo y conservación

“Vida silvestre” es un término técnico que se emplea para hacer referencia a los animales que habitan de forma libre en las distintas regiones del país, por lo que se considera como un sinónimo de “fauna silvestre” (SEMARNAT y CONAFOR, 2009). Junto con la flora, la fauna silvestre forma parte de la diversidad biológica que representa valores éticos, culturales, económicos, políticos, ecológicos, recreacionales, educativos y científicos, estrechamente relacionados con el desarrollo de la humanidad y su historia (Zamorano de Haro, 2009). En nuestra sociedad, los recursos son valorados de acuerdo a su utilidad, generalmente, en términos económicos; sin embargo, en el caso de la fauna silvestre, al no estar sujeta a la oferta y la demanda, adquiere un valor no comercial difícil de determinar (SEMARNAT y CONAFOR, 2009). Desde el punto de vista utilitario, se le puede valorar con base en cuatro tipos de bienes (González-Rebeles Islas y Méndez Méndez, 2014):

- Provisión o abastecimiento- productos para alimento y vestido, o materia prima para herramientas, industria y medicinas.
- Servicios ambientales- dispersión de semillas, polinización, y control de especies nocivas y plagas.
- Información- elementos para la educación y generación de conocimiento científico.
- Satisfacción de necesidades psicológicas/ espirituales (culturales)- apreciación de la fauna silvestre y sus hábitats, recreación, y fines religiosos.

La continua coexistencia de los seres humanos con la fauna silvestre ha incidido en que sea objeto de acciones y estrategias de manejo y conservación. La definición de “manejo” conjunta a las acciones que se llevan a cabo para la manipulación de un objeto con la finalidad de obtener un beneficio (Miranda, 1993). De acuerdo a la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) (DOF, 2018) en México existen dos categorías para el manejo de fauna silvestre: extensivo (en vida libre) e intensivo (confinamiento o encierro), los cuales según su aprovechamiento pueden clasificarse en extractivo (colecta, captura o caza), no extractivo (ecoturismo, investigación, educación ambiental o fotografía) o mixto.

El término “conservación” también se refiere al manejo y uso de recursos, sin embargo, hace hincapié en que estos recursos deben estar disponibles para las generaciones presentes y futuras, lo que constituye la idea central de la sustentabilidad. Dentro de este marco, la conservación de fauna silvestre, como un recurso natural renovable, implica los siguientes objetivos (Valdez, 2014):

- Manejo de poblaciones y hábitats de la fauna silvestre nativa de manera sostenible.
- Conservación de la diversidad genética de especies nativas.



- Mantenimiento de los ecosistemas saludables y restauración de los hábitats degradados.
- Incremento de los productos benéficos de la fauna silvestre.
- Reducción del daño ocasionado por la fauna silvestre.
- Integración de programas de su manejo con otros programas de recursos naturales.
- Incorporación de las necesidades sociales y económicas de la población.

A partir de estos conceptos se han desarrollado distintas estrategias como respuesta a la pérdida de biodiversidad a nivel mundial, a fin de revertir los problemas ambientales. Éstas pueden ir desde la protección estricta de un elemento de la biodiversidad hasta el aprovechamiento racional de diferentes recursos (González-Rebeles Islas y Méndez Méndez, 2014). En México, la principal estrategia en el ámbito de política ambiental para promover la conservación ha sido el establecimiento de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Sarukhán *et al.*, 2017) y recientemente de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), las cuales constituyen una herramienta importante para la conservación *in situ*, con base en la protección de especies y hábitats (Primack *et al.*, 2001). Sin embargo, tanto las ANP como las ADVC están sujetas al uso de recursos por parte de sus pobladores, por lo que es necesario que se revise y reoriente el ejercicio de estas áreas a través de una visión más integrativa (González-Rebeles Islas y Méndez Méndez, 2014). La agroecología y la agroecología representan estos nuevos modelos para la administración de recursos, cuyos fundamentos establecen las bases para estructurar sistemas de producción con políticas de sustentabilidad y conservación de la biodiversidad (Fonseca *et al.*, 2014).

LOS SIG Y LA CONSERVACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE

Las principales acciones de conservación de fauna silvestre a partir de políticas públicas se llevan a cabo en ANP, ADVC y su área de influencia. Estas acciones requieren conocer la distribución, la abundancia y las características del hábitat de las especies objeto de conservación. La distribución y la abundancia de la fauna varían tanto en el espacio como en el tiempo, de acuerdo con la disponibilidad de recursos (alimento y agua) y otros componentes como sitios de anidación o refugios. La base para el manejo de la fauna silvestre es el hábitat, que se define como el área que proporciona apoyo directo a una especie determinada junto con sus factores bióticos y abióticos (Delfín-Alfonso *et al.*, 2014). Los organismos hacen uso de su hábitat para cubrir sus necesidades, por lo que la disponibilidad de recursos y las condiciones ambientales modifican su comportamiento e influyen en sus parámetros poblacionales (como tasas de natalidad, crecimiento o mortalidad). Asociado al concepto de hábitat se encuentra el de “ámbito hogareño”, definido por Burt (1943) como el área ocupada por un individuo en sus actividades normales de búsqueda de alimento, pareja, reproducción y cuidado de crías.

Conocer las características de vida de los organismos requiere un seguimiento (*monitoreo*) en su propio ambiente. Dado a que siempre existen detecciones imperfectas, es necesario desarrollar diferentes modelos y aproximaciones que permitan obtener estimaciones confiables. Los SIG proporcionan herramientas que ayudan a realizar e interpretar extrapolaciones de estas detecciones imperfectas relacionadas con el hábitat de los organismos.

El ámbito hogareño de los organismos se estima a través de múltiples localizaciones de un mismo individuo en el espacio, con métodos convencionales como el cálculo del polígono mínimo convexo o una función de densidad Kernel, para lo cual se emplean programas computacionales relacionados con los SIG. Los individuos que tienen territorios establecidos utilizan repetidamente ciertas áreas, y usan menos o evitan otras. A través de la concentración de localizaciones es posible conocer su área de principal actividad, la distancia recorrida, la época reproductiva o la etapa de crianza, así como la variación de estos factores entre individuos, tiempo (por ejemplo, estacionalidad) y espacio (por ejemplo, diferentes tipos de ecosistemas).

Por otra parte, se puede llevar a cabo la evaluación del hábitat, utilizando las coordenadas de los organismos asociadas a datos geográficos y diferentes modelos matemáticos (Fig. 2). Con ello es posible establecer relaciones entre individuos y el espacio que los rodea, así como hacer interpretaciones sobre las poblaciones o las especies, a partir de la integración de



aspectos físicos y biológicos, lo que permite la predicción y modelación de la calidad del hábitat. Entender las relaciones de los organismos con su hábitat ayuda a estimar distribuciones potenciales de las especies, áreas donde se encuentran las poblaciones más abundantes e incluso áreas de mayor riesgo, por lo que es necesario para la definición de zonas prioritarias para la conservación (Delfín-Alfonso *et al.*, 2014).

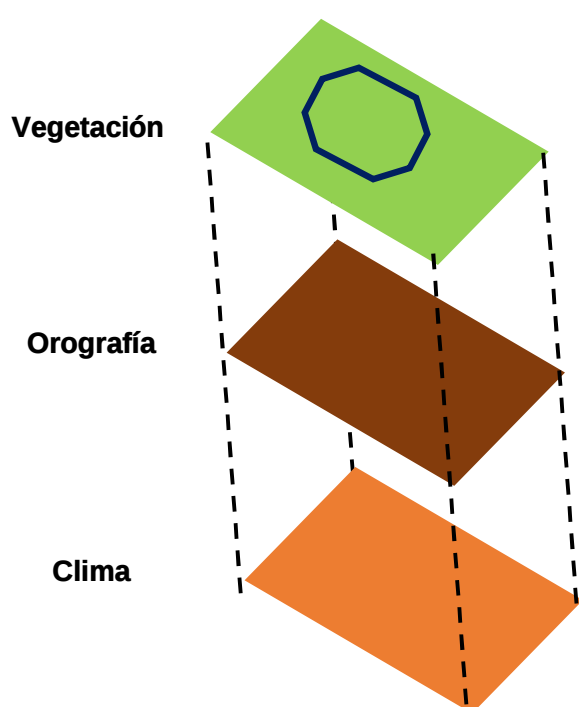


Fig. 2 Superposición de datos geográficos (vectoriales y raster) para el análisis de ámbito hogareño y uso hábitat de la fauna silvestre

Las variables que deben considerarse para una adecuada evaluación del hábitat de cualquier especie son (Gallina-Tessaro, 2014):

- Localización geográfica- predecir la ocurrencia de especies animales.
- Vegetación- tanto la estructura de la vegetación (fisionomía) como la composición de especies (florística) son determinantes para que un hábitat sea o no adecuado para algún animal.
- Estructuras físicas- pueden favorecer o limitar el movimiento de los animales a través del espacio.
- Agua y alimento- son factores limitantes para cualquier organismo; su calidad y cantidad influirán en la abundancia y la distribución.
- Competidores y depredadores- las interacciones en un mismo espacio y tiempo con otros organismos definen los recursos disponibles y utilizados.
- Disturbios humanos- ruido, carreteras, construcciones reducen y fragmentan el hábitat natural de las especies.
- Clima- es uno de los factores principales que define las características de los hábitats a gran escala.
- Ocurrencia histórica- implica una historia en común con los elementos del ecosistema y la adaptación del organismo a un ambiente particular. Es un factor importante para considerar en reintroducciones de especies.



La obtención, conjunción y manejo de dichas variables para conocer si el hábitat es adecuado para el desarrollo de alguna especie es una tarea difícil, pero los SIG han proporcionado una alternativa confiable y precisa si los datos de inicio son de calidad y hay una base científica que respalde los modelos de hábitat adecuado.

La conservación, sin embargo, no puede realizarse a nivel de individuos o de especie, requiere integrar todos los elementos del ambiente, incluyendo al humano, para lo que se apoya en distintas ramas de la ecología. La ecología del paisaje es una ciencia interdisciplinaria y en rápida expansión (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017), que nace a partir del interés en comprender de manera integral los patrones y los procesos ecológicos del espacio que se percibe (Durán *et al.*, 2002). Troll (2010) define al “paisaje” como una parte de la superficie terrestre con una unidad de espacio que, por su imagen exterior y la acción conjunta de sus fenómenos, al igual que las relaciones de posiciones interiores y exteriores, posee un carácter específico y se distingue de otros por fronteras geográficas y naturales. Con base en su sustancia geográfica, sus objetos pertenecen a tres ámbitos que los ubican bajo distintos tipos de leyes (Troll, 2010):

- Mundo abiótico (netamente fisicoquímico)- dependiente del proceso físico de causa y efecto, resultante de periodos pasados de la historia terrestre.
- Mundo viviente- sobre el que actúan leyes peculiares como el crecimiento, la multiplicación, la expansión, la adaptación o la herencia, resultantes de la causalidad biológica.
- Mundo humano- bajo la influencia de las comprensiones causales y motivaciones de los individuos o grupos sociales, es decir, de principios de orden socioeconómico, los cuales interfieren con la naturaleza.

De ahí que Zonneveld (1995) considere al paisaje como un complejo de sistemas que, de manera simultánea, forman una extensión de terreno reconocible, constituida y mantenida por acción mutua de factores abióticos, bióticos y humanos. El elemento base para interpretar el paisaje es el concepto de “mosaico”, el cual está compuesto por tres tipos de elementos (Vila Subirós *et al.*, 2006):

- Parches- diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio.
- Corredores- conexiones existentes entre los parches.
- Matriz- complejo formado por los dos elementos anteriores.

Un tema prioritario en este campo de estudio es el conocimiento de la estructura y función de las comunidades dentro de los paisajes., para lo cual la ecología del paisaje ha adoptado a los SIG para el análisis de hábitats. El empleo SIG enfocado hacia la conservación del paisaje integra dos perspectivas (Aspinall, 1999):

- Geográfica- visión histórica tradicional en la cual el espacio físico, particularmente el paisaje, constituye el elemento central, donde la interacción entre sistemas físicos y sociales tiene lugar; los SIG han conferido una solución holística para el manejo de recursos, en la cual, los sistemas ambientales y los humanos han logrado cooperar entre sí.
- Ecológica- se centra en temas ambientales como la conservación de la vida silvestre y la biodiversidad, la planeación y el manejo de reservas naturales, la interpretación y la protección del escenario, y el manejo de las relaciones entre los distintos usos de suelo.

Los SIG se han vuelto populares dentro del ciclo de planeación encaminada hacia la mejora y la conservación del paisaje, debido a que ofrecen la capacidad de generar modelos para el análisis temporal (actual y a futuro) (Pietsch, 2012).

Los animales interactúan con su ambiente en formas complejas; las más aparentes se ejemplifican con su movimiento y/o su comportamiento. El estudio del movimiento de los animales proporciona datos sobre procesos ecológicos importantes para entender su dinámica poblacional, la defensa de su territorio y las invasiones biológicas, su ámbito hogareño y el uso de



hábitat, así como la interacción entre las comunidades (Jonsen *et al.*, 2003). Desde este punto se pueden emplear SIG para el estudio de individuos, poblaciones y comunidades, pero además puede escalar a nivel de paisaje. La fauna silvestre se encuentra sujeta a múltiples factores de estrés (naturales y antropogénicos). Sobresalen la pérdida del hábitat y la fragmentación del paisaje, propiciadas principalmente por alteraciones climáticas como inundaciones, sequías, incendios naturales, o bien, por el cambio de uso de suelo para fines agrícolas, urbanos, construcción de caminos y carreteras, sistemas hidráulicos, construcción de presas, extracción de madera, etc. El resultado de ello en general se traduce en la pérdida de la viabilidad o la reducción de tamaño de las poblaciones silvestres, lo que a largo plazo puede derivar en extinciones locales (Johnson *et al.*, 2004). La fragmentación del paisaje genera parches disyuntos que, sin las acciones adecuadas por parte del ser humano, conducen a una reducción en su superficie y a un aumento en la distancia entre ellos (corredores). Es en este rubro donde el uso de SIG representa una herramienta muy poderosa para la conservación de la fauna silvestre, con base a un modelo que considere el concepto central de mosaico en el paisaje:

- Identificar áreas de conectividad de hábitat a través de la delimitación espacial y la vagilidad de los organismos.
- Planear pasajes de mitigación respecto a vialidades.
- Reconocer matrices como zonas prioritarias para la conservación
- Asociar las actividades humanas que se llevan a cabo, como factores actuales o potenciales de disturbio.
- Proponer estrategias para el aprovechamiento humano de recursos con base en ecoagricultura o agroecología para que exista el factor de cooperación entre las actividades socioeconómicas y las encaminadas para la conservación.

Finalmente, los SIG tienen un gran potencial que debe ser aprovechado en diferentes rubros de manejo y conservación de recursos naturales, con enfoques locales regionales o nacionales, de corto a largo plazo, ligados a las poblaciones humanas y con la capacidad de incidir en las políticas públicas.

REFERENCIAS

- Arroyo-Rodríguez, V., Moreno, C.E., Galán-Acedo, C. 2017. La ecología del paisaje en México: logros, desafíos y oportunidades en las ciencias biológicas. **Revista Mexicana de Biodiversidad**. 88: 42-51.
- Aspinall, R.J. 1999. GIS and landscape conservation. En: **Geographical Information Systems** (Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. eds.) John Wiley & Sons, E.U.A. pp. 967-980.
- Burt, W.H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. **Journal of Mammalogy**. 24: 346-352.
- Delfín-Alfonso, C.A., Gallina-Tessaro, S.A., López-González, C.A. 2014. El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. En: **Fauna Silvestre de México: Uso, Manejo y Legislación**. México, pp. 285-313. Dirección electrónica (redes sociales): <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/717/cap13.pdf>. INECOL. [Fecha de consulta: 4 de junio de 2019]
- DOF. 2018. Ley General de Vida Silvestre. Nueva ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000. Última reforma publicada DOF el 19 de enero de 2018. México, pp. 72.
- Durán, E., Galicia, L., Pérez-García, E., Zambrano, L. 2002. El paisaje en ecología. **Ciencias**. 67: 44-50.
- Fonseca, J.A., Jarra, A.J., Cleves, J.A. 2014. La ecoagricultura y la agroecología como estrategia tecnológica que potencia los servicios ecosistémicos. Una revisión. **Temas Agrarios**. 19: 260-275.
- Gallina-Tessaro, S. 2014. Características y evaluación del hábitat. En: **Fauna Silvestre de México: Uso, Manejo y Legislación**. México, pp. 255-283. Dirección electrónica (redes sociales): <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/717/cap12.pdf>. INECOL. [Fecha de consulta: 4 de junio de 2019]
- González-Rebeles Islas, C., Méndez Méndez, M.M. 2014. Recursos de fauna silvestre en México. En: **Ecología y Manejo de Fauna Silvestre en México** (Valdez, R., Ortega-S., J.A. eds.) Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados, México, pp. 73-101.
- INEGI. 2014. Sistema de Información Geográfica. Dirección electrónica (redes internacionales): <https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [Fecha de consulta: 1° de junio de 2019]



- Johnson, A.R., Allen, C.R., Simpson, K.A.N. 2004. Estimating functional connectivity wildlife habitat and its relevance to ecological risk assessment. En: **Landscape Ecology and Wildlife Habitat Evaluation: Critical Information for Ecological Risk Assessment, Land-Use Management Activities, and Biodiversity Enhancement Practices** (Kapustka, L.A., Galbraith, H., Luxon, M., Biddinger, G.R. eds.) ASTM International, E.U.A., pp. 41-55.
- Jonsen, I.D., Myers, R.A., Flemming, J.M. 2003. Meta-analysis of animal movement using state-space models. **Ecology**. 84: 3055-3063.
- Miranda, A. 1993. Manejo de fauna silvestre. **Ciencias**. Número especial: 103-110.
- Molina, A.M., Barros, J.F. 2005. Aplicación de los SIG para la evaluación del estado de conservación del hábitat del paujil de pico azul *Crax alberti* (Aves: Cracidae) en el nororiente de Antioquia, Colombia. **Revista EIA**. 3: 95-105.
- Peña, J. 2006. **Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Gestión del Territorio**. Editorial Club Universitario, Alicante.
- Pietsch, M. 2012. GIS in landscape planning. En: **Landscape Planning** (Ozyavuz, M. ed.) IntechOpen. Croacia, China, pp. 55-84. Dirección electrónica (redes sociales): <https://www.intechopen.com/books/landscape-planning/gis-in-landscape-planning>. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]
- Primack, R., Rozzi, R., Feisinger P. 2001. Establecimiento de áreas protegidas. En: **Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas** (Primack, R., Rozzi, R., Feisinger P., Dirzo, R., Massardo, F. eds.) Fondo de Cultura Económica, México, pp. 449-475.
- Rodríguez Lloret, J., Olivella, R. 2009. **Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Conceptos y Operaciones Fundamentales**. Dirección electrónica (redes internacionales): <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53645/1/Introducci%C3%B3n%20a%20los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica.pdf>, Universitat Oberta de Catalunya. [Fecha de consulta: 1º de junio de 2019]
- Sarukhán, J., et al. 2017 **Capital Natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales**. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- SEMARNAT, CONAFOR. 2009. **Manejo de Vida Silvestre. Manual Técnico para Beneficiarios**. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional Forestal. Coordinación de Educación y Desarrollo Tecnológico, México.
- Troll, C. 2010. Ecología del paisaje. **Investigación Ambiental**. 2: 94-105.
- Valdez, R. 2014. Perspectivas del manejo y la conservación de fauna en México. En: **Ecología y Manejo de Fauna Silvestre en México** (Valdez, R., Ortega-S., J.A. eds.) Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados, México, pp. 21-40.
- Vila Subirós, J. Varga Linde, D., Llausàs Pascual, A., Ribas Palom, A. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (*landscape ecology*). Una interpretación desde la geografía. **Documents d'Anàlisi Geogràfica**. 48: 151-166.
- Zamorano de Haro, P. 2009. La flora y fauna silvestres en México y su regulación. **Estudios Agrarios**. Procuraduría Agraria. 159-167.
- Zonneveld, I.S. 1995. **Land Ecology: An Introduction to Landscape Ecology as a Base for Land Evaluation, Land Management & Conservation**. SPB Academic Publishing, Amsterdam.



El hongo Ug99 (*Puccinia graminis*), una amenaza mundial a los cultivos de trigo

Fungus Ug99 (Puccinia graminis), a global threat for wheat cultivars

Gerardo Reyes Guzmán⁹

DAAD Alumnus

Resumen

El presente artículo se propone investigar el estado del arte en materia del hongo Ug99 considerado por organismos internacionales como una de las principales amenazas a la seguridad alimentaria mundial. Para ello se dimensiona la importancia de la oferta y demanda de trigo a nivel internacional y se estima el daño que podría causar un brote del hongo Ug99. Asimismo, se analizan los orígenes, evolución, dispersión geográfica y clasificación de la roya de tallo para diferenciar sus tipos, razas y peligrosidad de infección de los diferentes genes contenidos en el trigo. En este contexto se documentan las más recientes evidencias de su presencia y las estrategias para su control y combate. Finalmente, se explica porque México es vulnerable en caso de que se presentara un brote epidemiológico en Norteamérica causado por el Ug99, tanto por el lado de la producción como del consumo.

Palabras clave: Seguridad alimentaria, cultivos de trigo, Ug99, roya de tallo negra, roya de tallo amarilla

Abstract

The present article intends to brief about the state of the art in relationship to the fungal phenomena Ug99, considered worldwide as one of the most serious threats to food security. To do that we estimate the level of causalities this pathogen could cause in wheat production and demand. Furthermore, we investigate the causes, evolution and regional expansion of stem rust (black and yellow), its phenotypes and races, as well as the kinds of gens contained in wheat that are mostly infected. We address also the cases of recent reappearances of stem rust as well as the strategies used to control and/or eradicate its danger by pointing out the kind of progress science has been achieving. Finally, we explain why Mexico could also be vulnerable in case a Ug99 epidemic would appear in North America.

INTRODUCCIÓN

La alimentación es uno de los derechos básicos de los seres humanos, y tanto el acceso a la misma, como el hambre y la desnutrición deben ser temas prioritarios para las sociedades. No obstante, en aras de lograr una adecuada y mejor alimentación para la humanidad, se ha incurrido en costos y prácticas productivas que con el paso de los años se han traducido en la pérdida de la biodiversidad y en problemas de salud. Por ejemplo, a través de la llamada “revolución verde” de la década de los sesenta del siglo XX, la región del Punjab se convirtió en el granero de la India mediante el uso de semillas de alto rendimiento, riego intensivo y la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas. Con el impulso de la agricultura intensiva y el monocultivo, se destruyeron por un lado las economías campesinas dedicadas a la autosuficiencia, y por el otro, se envenenaron y/o agotaron los mantos acuíferos, provocando en muchos casos malformaciones congénitas entre la población local (Stannmeyer, 2009). Con respecto al tema del hambre a nivel mundial, entre los años 1990-1992 y 2005-2007, el porcentaje de poblaciones con nutrición insuficiente descendió únicamente 4

⁹ PITC Universidad Dela Salle Bajío, Campus Salamanca, México



puntos, pasando en quince años de 830 millones de personas a 780 millones de personas o biendel 20% al 16% de la población mundial (Naciones Unidas, 2010, 2015). En este sentido, las Naciones Unidas señalaron que el avance de resultados se ha estancado desde el 2000-2002, y que el aumento de los precios de los alimentos a partir del 2008, junto con la crisis económica mundial en 2009 (con el descenso del empleo y los ingresos, y la consiguiente reducción en el poder de compra de los consumidores pobres), han venido a complicar la situación, por lo que la Organización para los Alimentos y la Agricultura de las Naciones Unidas, calculabaya para 2010cerca de 1,000 millones de personas con nutrición insuficiente (Naciones Unidas, 2010). En lo particular, el Cáucaso, Asia Central, Asia Oriental, Asia Sudoriental y América Latina, lograron reducir el hambre, mientras que el Caribe, Oceanía, Asia Meridional y África, con un lento avance, no lograron compensar el crecimiento de su población, al presentar todavía niveles de nutrición deficientes.

En el contexto de seguridad alimentaria, un artículo publicado por el semanario alemán *Die Zeit*, KerstinHoppenhaus (2017) advierte del peligro que representa el resurgimiento del hongo Ug99, cuyo nombre científico es *Puccinia graminis* Pers. f. sp. tritici Eriks. and E. Henn. o *roya de tallo negra* (*black stem rust*), para el cultivo de trigo a nivel mundial. Según Hoppenhaus (2017), en 2016 se produjeron 760 millones de toneladas de trigo a nivel mundial, y para 2017, se estimaba una caída a 740 millones de toneladas de trigo. La producción ha crecido a un promedio anual de 2.2% pasando de 230 millones de toneladas en 1961 a 760 millones en 2016. La producción promedio es de 3-4 t/ha (toneladas por hectárea), pero se llegan a producir bajo condiciones favorables hasta 14 t/ha. El trigo cubre 19% de las calorías de los seres humanos en forma de pan, espagueti, chapata, pasta, etc. Aproximadamente 2.5 mil millones de personas que viven con menos de dos dólares al día (Naciones Unidas, 2015), dependen del trigo como alimento básico, por lo que ante una posible contracción de la oferta, tendrían que enfrentar mayores precios con lo cual surgiría una crisis alimentaria mundial. El potencial de daño se estima en 50 millones de hectáreas de trigo o 25% del área destinada a ese cultivo a nivel mundial con una aportación del 19% de la producción global. Lo preocupante es que Ravi P. Singh, considerado como uno de los expertos más prestigiados en el tema declaró: “*In most wheat-growing regions of the world, existing environmental conditions will favor stem rust infection, which could lead to epidemic buildup. This situation, plus the fact that susceptible wheat varieties are grown over large areas and that a large proportion of current breeding materials are susceptible to Ug99 and other newly identified races, means that these pathogens have the potential to cause a wheat production disaster that would affect food security world wide*”(Singh et al., 2015).

El presente artículo se propone elaborar un estudio-exploratorio descriptivo que parte de las siguientes preguntas: ¿Qué es el hongo Ug99? ¿Dónde y cuándo surgió? ¿Cuáles son sus características principales y por qué se piensa que puede causar un problema de seguridad alimentaria a nivel global? y ¿Cómo y por qué México se vería afectado ante un brote epidemiológico de este patógeno?

Para dar respuesta a estas preguntas, hemos dividido el escrito en cinco apartados. En el primero se explican los antecedentes del *Puccinia graminis* de acuerdo con la historia reciente y partiendo de los logros alcanzados por el Premio Nobel de la Paz en 1970 Norman Borlaug. En el segundo se detallan las características principales, los tipos de hongos que existen y las razas más peligrosas, así como los genes de trigo que han sido atacados por el hongo. En el tercero abordaremos las estrategias que se aplican para controlar y/o erradicar la amenaza del Ug99. En el cuarto apartado documentamos las apariciones más recientes del Ug99 en Europa como evidencia de su proceso de mutación y adaptación. En el quinto, explicamos por qué México sería afectado en caso de brotar una epidemia del tipo Ug99, tanto por su carácter de productor como de importador neto de trigo. Al final, concluimos que la lucha contra el hongo Ug99 no ha concluido, a pesar de los significativos avances tecnológicos de la ciencia.

ANTECEDENTES

La roya de tallo equivale a la polio para la agricultura. Según Koerner (2010), William Wagonire, discípulo de Norman Borlaug, Premio Nobel de la Paz 1970 y padre de la agricultura moderna, fue quien descubrió la raza Ug99. De hecho hay rastros de la *Puccinia graminis* en sitios arqueológicos de Israel pertenecientes a la edad de bronce; inclusive los romanos



adoraban a un dios de nombre Robigus por su poder de defenderlos contra la roya y cada 25 de abril celebraban una festividad llamada Robigalia en donde sacrificaban a perros pelirrojos en honor a la deidad. Se sabe que los primeros pobladores ingleses de Massachusetts sufrieron pérdidas considerables en sus cultivos de granos en el siglo XVII y que en Mesoamérica la plaga se conocía como *chahuistle*. Tanto en el siglo XIX, como en el XX, la plaga atacó las grandes planicies de Norteamérica. Uno de los desastres más importantes tuvo lugar en medio de la I Guerra Mundial, cuando el *Puccinia graminis* afectó a 200 millones de *busheles* de trigo, equivalentes a una tercera parte del consumo nacional. En 1917, el gobierno de los Estados Unidos ordenó la erradicación de agracejos (*Berberis sp.*), planta en donde se creía que se hospedaba el *Puccinia graminis* y en donde el trigo era escaso. Matt Rouse explica que en 1935 el 50% de los cultivos de trigo de Minnesota y Dakota, así como el 25% de la producción total se perdieron durante la epidemia de roya de tallo tipo Race56=MCCFC que atacó a los Estados Unidos en aquel año (Rouse, 2013). En la década de los 40 del siglo pasado, cuando la II Guerra Mundial hacía difícil la investigación filantrópica, la Fundación Rockefeller puso su atención en México, donde campesinos desarraigados sufrían de hambre y desnutrición crónica. En 1944 esa Fundación envió al joven agrónomo Norman Borlaug a México para poner fin al problema. Borlaug halló la presencia de roya de tallo en los cultivos de trigo señalándola como la principal causa del hambre. Borlaug se dio a la tarea de buscar un gen resistente a la *Puccinia graminis* a través de un proceso de hibridación. Tras varios intentos, creó el *stemrust* 31, al que bautizó como Sr31, un gen extraído derivado del centeno y capaz de resistir al *Puccinia graminis*. El éxito fue fenomenal y el gen se comenzó a repartir por todo el mundo a través del Centro Internacional del Mejoramiento de Maíz y Trigo conocido por sus siglas como CIMMYT¹⁰. El Sr31 fue la piedra angular de la revolución verde y para 1970 la roya de tallo había sido erradicada, salvando a cientos de millones de seres humanos de la hambruna. Norman Ernest Borlaug fue galardonado con el Premio Nobel de la Paz en 1970 y el hongo *Puccinia graminis* dejó de ocupar a los investigadores excepto para fines militares. Durante la Guerra Fría, los norteamericanos desarrollaron una bomba de racimo compuesta de plumas de pavo infestadas con esporas de *Puccinia graminis*. Se cree que estas bombas fueron destruidas al acordar renunciar al uso de armas bacteriológicas. No obstante, el descubrimiento de William Wagoire marcó un hito al cerciorarse de la presencia de roya de tallo en un centro de investigación de cultivos ubicado en Kalengiere, Uganda, en 1998. Wagoire contactó de inmediato a Ravi Singh, director de incubación de trigo en el CIMMYT, quien confirmó que: "A new race of stem rust pathogen had somehow evolved undetected in a secluded region of Uganda and it was capable of defeating the formerly invincible Sr31 gene" (Koerner, 2010). Yue Jin et al. (2008), otro reconocido experto en el tema concluyó: "The emergence of virulence on Sr24 within the TTKS race cluster likely has increased the vulnerability of wheat to stem rust worldwide because of the wide-spread use of this gene in breeding. Commercial cultivars with resistance based on Sr24 and/or Sr31, particularly in the East African region, must be viewed with circumspection in terms of potential stem rust epidemics." Su hallazgo despertó inclusive suspicacia entre las autoridades locales, acusando a Wagoire de conspirador. Debemos hacer hincapié en que la roya de tallo ha sido históricamente un problema en toda África, Oriente Medio y Asia (con excepción de Asia Central), Australia, Nueva Zelanda, Europa y América. La última epidemia más severa tuvo lugar en Etiopía durante 1993-4 cuando el cultivo de trigo tipo *Enkoy* sufrió grandes pérdidas. Las tres décadas siguientes no registraron amenazas serias. No obstante, se halló la presencia de dos nuevas enfermedades: Herrumbre de hojas (*leaf rust*) causado por el *Puccinia striiformis* y la roya de tallo amarilla (*yellow rust*) causada a su vez por *Puccinia striiformis*. También hay pruebas de que el tipo de cultivos de trigo que se siembran en Paquistán, la India y China, son susceptibles a contraer el Ug99.

El Dr. Norman E. Borlaug advirtió al mundo del serio peligro que representaba este hongo para la seguridad alimentaria. A partir de ese momento, fundó la BGRI (iniciativa Borlaug Global Rust por sus siglas en inglés) que tiene su página: <http://www.globalrust.org> que se ha propuesto como principal objetivo mitigar el peligro que representa esta plaga. Comenzó con 15 países en 2009 y para 2011 ya eran 20. Con el BGRI trabajan también el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el *Durable Rust Resistance in Wheat Project* de la Universidad de Cornell (DRRW). La BGRI concentra muestras, lleva a cabo pruebas bajo las más estrictas normas de bioseguridad y es la que mejor conoce el hongo Ug99. La BGRI lanzó en 2005 una serie de recomendaciones para reducir el riesgo de una pandemia: a) seguimiento (*monitoreo*) de la expansión del Ug99 más allá de África, para poder intervenir a tiempo; b) actualización en la

¹⁰ International Maize and Wheat Improvement Center. El Batán, Estado de México, México



diseminación de genes y germoplasmas resistentes, c) distribución a nivel mundial de fuentes, suministros e incubación de resistentes y d) experimentación con nuevas variedades de genes y germoplasmas resistentes en plantas adultas de alta productividad.

Según Singh et al. (2015) existen dos tipos de trigo; el *hexaploide*, usado para producir pan (*Triticum aestivum*) y el *tetraploide* para trigo duro (*Triticum turgidum* var. *durum*) que se emplea para la producción de pasta seca y sémola. En contraste con el trigo para pan, las variedades y germoplasmas de trigo duro presentan una resistencia de 40% a 60% de los casos al Ug99. En virtud de que 90% de las variedades de cultivos son susceptibles a contraer el hongo Ug99, este hongo es considerado como una seria amenaza no solamente para la producción del cereal, sino para la seguridad alimentaria mundial. Singh et al. (2015) afirman que el trigo ocupa un 20% en el alimento humano, es el segundo cultivo que más calorías aporta a la dieta de las personas viviendo en países subdesarrollados y su principal fuente de proteínas. El trigo proporciona a 4.5 mil millones de personas en 94 países, el 21% de calorías y 20% de proteínas que consumen en alimentos. Se cultiva en 215 millones de hectáreas alrededor del mundo desde el ecuador hasta latitudes de 60 norte y 44 sur y altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm. En su artículo titulado “*The emergence of Ug99 races of stem rust fungus is a threat to world wheat production*” de 2011, Singh y colaboradores señalaban que se producían 630 millones de toneladas anuales, de las cuales el 50% se originaban en los países subdesarrollados. Según sus cálculos respecto al aumento de la demanda de trigo en esos países, esperaba aumentaría en 60% para 2050. Por otro lado, vaticinaba una caída en la producción de trigo de 29% debido a factores como el calentamiento global derivado del cambio climático. Estas proyecciones se deterioran con el creciente uso de fertilizantes y sistemas de riego, nuevas enfermedades y cepas de plagas tal y como ocurre con el hongo Ug99. El riesgo actual lo representa el gran flujo migratorio, así como el número de personas, calculada en mil millones de seres humanos, que se vería afectado en caso de una epidemia. Si bien el riesgo es alto, deben ocurrir una serie de factores para que el Ug99 pudiera detonar una crisis en los cultivos de trigo comerciales. Según Brian Steffenson, un experto en patologías de granos de la Universidad de Minnesota, más de mil millones de vidas estarían en peligro. El 90% de cultivos de trigo mundial carecen de protección contra el Ug99 y si no se ataca, las hambrunas se podrían desatar desde el Mar Rojo hasta las estepas mongolas. China e India son los grandes consumidores de trigo y en caso de presentarse una pandemia con el Ug99, su población se vería afectada, principalmente la rural; países como Paquistán y Afganistán, naciones fuertemente dependientes del trigo importado, se consideran vulnerables. El hongo ha sido también detectado en Irán y el Sur de Asia, hasta el Punjab, de donde obtienen su alimentos cientos de millones de hindúes y paquistaníes. Existen probabilidades de que salte a los Estados Unidos pues basta con que una sola espora no más grande que una célula se traslade en una camiseta de un viajero, para que contamine 40 millones de acres que cultivan trigo (uno de los tres granos más importantes en la región, solo después de la soya y el maíz).

EL Ug99: CARACTERÍSTICAS, TIPOS Y RAZAS

Según la SAGARPA (2016), al Ug99 también se le conoce como roya de tallo negro. La enfermedad es causada por el hongo *Puccinia graminis* Pers. f sp. *tritici* Eriks. E. Henn. y su efecto ha sido devastador para la cosecha de trigo históricamente, convirtiéndose en la patología más temeraria entre los productores de trigo. La SAGARPA la tiene clasificada de manera taxonómica como: Reino: *Fungi*; Phylum: *Basidiomycota*; Clase: *Pucciniomycotina*; Subclase: *Pucciniomycetes*; Orden: *Pucciniales*; Familia: *Pucciniaceae*; Género: *Puccinea*; Especie: *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. La roya de tallo del trigo raza Ug99, también es designada como TTKSK con base en la nomenclatura estadounidense. Bhavani et al. (2016), por su parte, asegura que se trata de tres nuevas razas: TTKST, TTTSK y más recientemente TTKTT. Esta nomenclatura se le atribuye a Wanyera y colaboradores (2009). Más tarde, se encontraron seis razas más en 17 pruebas de laboratorio. Los expertos coinciden que entre más razas existan, mayor la capacidad de adaptación del hongo puesto que, en contraste, el número de genes resistentes al hongo son más limitados. Se sabe que el Ug99 comenzó con una raza y se ha venido reproduciendo y diversificado en una auténtica familia con 11 miembros, cada vez más inmunes y con mayor resistencia y, por lo tanto, con mayor potencial de causar daños a los cultivos. En Kenya la presencia de la roya de tallo es endémica y en 2006 se detectó una variante del Ug99 conocida como TTKS que afectó a variedades de trigo que hasta entonces habían sido resistentes al hongo. Wanyera detectó en 2005 el regreso de la roya de tallo en temporada de siembra



nuevas razas? Los agracejos han regresado a Europa y Norteamérica, pero las preguntas siguen sin encontrar respuesta. Yue Jin señala: *Was wir nachweisen müssen, ist, dass der Pilz sich auf der Berberitze tatsächlich fortpflanzt. Das können wir nur im Labor zuverlässig feststellen. Und dazu müssen wir die richtigen Sporen finden, zur richtigen Zeit*¹¹.

De acuerdo con Brendan Koerner y colaboradores (2010), el Ug99 es el hongo que produce la roya de tallo negra. Sus esporas vuelan por el viento aterrizando en las hojas del trigo. De ahí se trasladan a las entrañas de la planta y secuestran su metabolismo para de inmediato extraer los nutrientes hasta secarla. El patógeno se manifiesta a través de pústulas rojizas que aparecen tanto en el tronco como en las hojas. Cuando estas pústulas revientan, expulsan millones de esporas que buscan un hospedante fresco. Las plantas afectadas se comienzan a marchitar hasta morir y sus granos se vuelven inservibles.

Koerner et al. (2010) apuntan que en St Paul, Minnesota¹² se encuentra el laboratorio de granos llamado USDA's Central Disease Laboratory (CDL), en donde se concentran bajo estrictas medidas de seguridad cerca de 30,000 patógenos que atacan cultivos de trigo, cebada y avena. Entre éstos se encuentran muestras de todo tipo y modelo pertenecientes al Ug99. Este laboratorio trabaja permanentemente con una amplia variedad de fenotipos procedentes de varios centros de investigación y de diferentes partes del mundo. Uno de los investigadores líderes en el ramo es Les Szabo, genetista de formación, quien detalla la habilidad del *Puccinia graminis* para expandirse y coexistir con sus anfitriones. Señala que es un viajero eficiente, de modo que una sola hectárea de trigo infectado puede expulsar 10 millones de esporas, cada una de las cuales puede detonar una epidemia. Todo lo que se necesita son las condiciones ideales: viento soplando hacia cultivos de trigo y esporas sobreviviendo durante el trayecto. Así, las esporas del Ug99 se transportan con el viento elevándose hasta el límite de la atmósfera y descendiendo a los campos de cultivo, desplazándose a cientos de kilómetros. Ello explica la rápida expansión del hongo desde Uganda hacia Etiopía, África Subsahariana y el Este de Sudán. Un comunicado de la SAGARPA agrega, además, que el ciclo de vida del hongo consta de cinco fases durante las cuales el hongo invade al cultivo y termina tiñéndolo de un color negro. Tiene un periodo de latencia de 7-9 días y el periodo de infección ocurre en un intervalo de 26 días; la esporulación diaria es de aproximadamente 20-30 esporas por lesión y la eficiencia de la infección de 20-45 lesiones por espора. Requiere tejido de plantas verdes para infectar. Las condiciones climáticas en que se reproduce van de un mínimo de 4 a 29°C con un óptimo de 23°C. En regiones muy secas o tropicales no se reproduce el hongo, pero la irrigación de los cultivos podría favorecerle. La roya de tallo puede hibernar en forma de *teliosporas* en los residuos del cultivo para resurgir en primavera, siendo más susceptible en altas latitudes. Si la infección es severa antes de la floración, es posible perder totalmente el cultivo (SAGARPA, Dirección General de Sanidad vegetal, 2016). Las lesiones aparecen como pústulas ovaladas llamadas *uredias* que se esparcen a lo largo de la vaina, el tallo y la espiga. Las esporas son de color café rojizo y penetran toda la planta. Si las pústulas se encuentran dispersas, se trata de una infección leve, pero si se aglutinan, es intensa (SAGARPA/CESAVEG). El Ug99 no solamente está en marcha sino que sigue mutando, desarrollando la capacidad de afectar a genes que hasta ahora se consideraban inmunes. Uno de los nuevos ha sido el gen *Sr24*, usado en cultivos de los Estados Unidos y posteriormente el *Sr36* que se usa en la grandes planicies de Norteamérica durante el invierno.

Existen diferentes tipos de hongo clasificados como roya de tallo negra, que afectan a los cultivos de trigo; algunos inocuos, otros muy peligrosos. Las diferentes formas en que se manifiesta el Ug99 fueron denominadas TTKS con base a la nomenclatura estadounidense. En una presentación de 2013 hecha por Matthew Rouse de la Universidad de Cornell en Nueva York, el investigador, que labora en el *Durable Rust Resistance Wheat Project*, señala que el TTKS es el fenotipo original, se toma de la clasificación 04KEN156 y de él se derivan varias razas. Rouse presenta mediante la Tabla 1 la forma

¹¹ Traducción propia: Lo que debemos probar es que el hongo en verdad se reproduce en los agracejos. Ello solamente es posible hacerlo en un laboratorio y para ello necesitamos encontrar las esporas adecuadas oportunamente

¹² Matthew Rouse explica que el laboratorio de St Paul fue construido en Minnesota por las bajas temperaturas que se presentan en invierno, para en caso de un accidente que pudiera causar la fuga de patógenos a la agricultura, éstos no pudieran sobrevivir al frío (Rouse, 2013)



en que se integra la codificación de los diferentes fenotipos según el nivel de infección al hongo con solamente dos valores: alta (*H*) y baja (*L*) por sus siglas en inglés. Cada valor corresponde a un grupo de genes que se ven afectados por el TTKS. La primera letra *T* afecta a los tipos de trigo que aparecen en el primer nivel de la Tabla 1, siendo vulnerables a los genes que aparecen en la tercera columna. La cuarta columna muestra el nivel de peligrosidad, que va del 0 al 2 como bajas y del 3 al 4 como altas. Por ejemplo la primera letra “*T*” tiene cuatro niveles de peligrosidad para los genes correspondientes. En la parte inferior de la Tabla 1, aparece la clasificación y se lee de arriba abajo; de manera que la primera letra “*T*” significa cuatro niveles de peligrosidad, lo mismo que la segunda; la letra “*K*” tiene un nivel de peligrosidad bajo y tres altos; y la “*S*” tres altos y uno bajo (en negritas). Ergo, el TTKS se clasifica como un hongo altamente infeccioso. Matthew Rose explica que los *Sr* son genes contenidos en diferentes tipos trigo que presentan niveles de resistencia al hongo Ug99 y que los que presentan mayor vulnerabilidad según la Tabla 1 son *Sr5*, *Sr21*, *Sr9e* y *Sr7b*, mientras que los más resistentes son el *Sr36* y *SrTmp* (Rouse et al., 2013).

Tabla 1. Nomenclatura para la clasificación del Hongo Ug99 (04KEN156)															
Nivel		Tipo de trigo						Gen Sr				Peligrosidad			
1 T		ISr5Ra						5				4 (alto)			
		T.m.deri						21				3+ (alto)			
		Verstein						9e				4 (alto)			
		ISr7bRa						7b				3 (alto)			
2 T		ISr11Ra						11				4(alto)			
		ISr6Ra						6				4(alto)			
		ISr8Ra						8a				4(alto)			
		CnsSr9g						9g				4(alto)			
3 K		W2691SrTt-1						36				0 (bajo)			
		W2691Sr9b						9b				4 (alto)			
		BtSr30Wst						30				4 (alto)			
		Comb.VII						17+13				2++ (bajo)			
4 S		ISr9aRa						9a				4 (alto)			
		ISr9dRa						9d				4 (alto)			
		W2691Sr10						10				4 (alto)			
		CnsSrTmp						Tmp				2+ (bajo)			
Clasificación															
B	C	D	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T
L	L	L	L	L	L	L	L	H	K	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	L	L	H	H	L	L	H	H
L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H

Fuente: (Rouse et al., 2013); *H* (high); *L* (low)

Posteriormente, se rebautizó el TTKS tras agregar una quinta clasificación (letra *K*), pues pasó a afectar genes hasta entonces resistentes como *Sr24*, *Sr31* y *Sr38*, quedando como finalmente como TTKSK, pero siguió dentro del código¹³ 04KEN156.

¹³Según, Rouse et al. (2013), este código refiere al año y al país. Por ejemplo, 06KEN significa que se encontró en 2006 en Kenia



Más tarde, surgió el TTKST equivalente al código 06KEN19v y el TTKS con su correspondiente código 07KEN24-1. Así, el Ug99 no solamente afecta al gen Sr31, sino a otros genes de trigo (Sr) que aparecen en la Tabla 2. En la primera columna de la Tabla 2 se especifica el tipo de trigo, en la segunda los genes Sr no efectivos y en la tercera los genes Sr efectivos en términos de su resistencia al Ug99.

Tabla 2. Catálogo de genes <i>Sr</i> resistentes a <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> raza perteneciente al Ug99		
Origen del gen Sr	Genes resistentes Sr a la roya de tallo	
	No efectivo	Efectivo
<i>Triticum aestivum</i>	5,6,7a,7b,8a,8b,9a,9b,9f,10,15, 16, 18, 19, 20, 23, 30, 41, 42, 49, McN, Wld-1	28 ^a , 29 ^{b,c} , 48, Tmp ^a , AC-Cadillac, Sha7 ^b , Huw234 ^b , ND643 ^b
<i>Triticum turgidum</i>	9d, 9e, 9g, 11, 12, 17	2 ^b , 13 ^{a,b} , 14 ^a
<i>Triticum monococcum</i>	21	22, 35
<i>Triticum timopheevi</i>	36	37 ^c
<i>Aegilops speltoides</i>		32 ^c , 39 ^c , 47 ^d
<i>Aegilops tauschii</i>		33 ^b , 45 ^{a,b} , 46 ^{a,d}
<i>Triticum comosum</i>	34	
<i>Triticum ventricosum</i>	38	
<i>Triticum araraticum</i>		40 ^c
<i>Thinopyrum elongatum</i>	24	25 ^a , 26, 43 ^c
<i>Thinopyrum intermedium</i>		44 ^c
<i>Secale cereal</i>	31	27 ^a , 50, 1A.1R ^{a,b}

^a Se sabe que la virulencia para este gen ocurre en otras razas
^b El nivel de resistencia que confiere a los campos de cultivo es a menudo inadecuado bajo fuerte presencia del hongo
^c No es adecuado para su uso debido a su vínculo con procesos de tratamiento no recomendables durante su traslado
^d Su resistencia al Ug99 no se ha probado en campos de cultivo por lo que no se ha podido determinar su efectividad

Fuente: Singh et al. (2015)

Se advierte entonces una intensa batalla de dos frentes, por un lado, la multiplicación de las razas que emergen del TTKSK con cada vez nuevas variantes con gran capacidad de adaptación y, por el otro, los tipos de trigo dotados con distintos genes *Sr* resistentes al hongo y resultado a su vez de un proceso de hibridación científica o *stem rust resistant breeding*. No obstante, estos nuevos genes se vuelven vulnerables cada vez ante apariciones de nuevas variantes del hongo. Según Matt Rouse, desde la década de los 30 y 50 del siglo pasado comenzó la lucha. Al ataque de la raza 56, conocida como MCCFC, se respondió con los trigos Ceres y Triumph dotados con los genes genes Sr5, Sr28 y SrTmp; al de la raza 15B también conocida como TPMKC se respondió con el trigo Thatcher que contiene los genes Sr12, Sr9 y con el trigo Chris que contiene los genes Sr6 y Sr30 (Rouse et al., 2013). Si bien no se ha presentado una epidemia del hongo en los últimos 50 años en los Estados Unidos, los cultivos actuales de trigo son vulnerables al TTKSK, TTKST y TTKS, por lo que urge hallar cada vez más nuevos genes *Sr* resistentes al mismo.

Singh et al. (2015), por su parte, aseguran que ya en 2011 se conocían siete variedades relacionadas con el Ug99 que aparecen en la Tabla 3. En la primera columna aparece la raza, en la segunda la denominación; en la tercera la virulencia al tipo de gen y en la cuarta el país y el año en que fue detectada. Solamente la TTKSK, hallada fuera de territorio africano, se conoce como Ug99; es virulenta al Sr31, S21 y no virulenta al Sr24 y Sr36. Se teme que por la ruta que toman las corrientes



de aire, esporas del hongo puedan afectar cultivos localizados en Israel, Jordania y Egipto. Otros modelos sugieren que las esporas pueden expandirse hasta la región del Cáucaso y el Asia Central. Un vehículo de contagio adicional lo representa la soya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) infectada con roya de tallo. Primero se identificó en Uganda en 1996, pero luego se extendió a través del aire hacia Ruanda, Zimbabue y Zambia. Asimismo, el comercio puede ser otra vía, ya que entre Sudáfrica y Kenia existe un intercambio comercial intenso. Ello hace que no se descarte su contagio hacia Australia y América del Sur. De hecho ha habido reportes de presencia de roya de tallo en Líbano e Israel en 2010. La TTKST denominada Ug99+Sr24 es virulenta a genes Sr31, Sr21 y Sr 24, pero no virulenta al Sr 36. El TTTSK Ug99+Sr36 es virulenta a genes Sr31, Sr21 y Sr36, pero no virulenta al Sr 24.

Tabla 3.
Razas de Ug99 identificadas hasta 2010 en varios países y sus diferentes virulencias

Raza ^a	Nombre	Diferencias fundamentales en virulencia				Presencia confirmada del hongo
		Sr31	Sr21	Sr24	Sr36	
1. TTKSK	Ug99	Vir	Vir	Avir	Avir	Uganda (1998), Kenia (2001), Etiopía (2003), Sudan (2006), Yemen (2006), Irán (2007)
2. TTKSF		Avir	Vir	Avir	Avir	Sudáfrica (2000), Zimbabue (2009)
3. TTKST	Ug99+Sr24	Vir	Vir	Vir	Avir	Kenia (2006)
4. TTTSK	Ug99+Sr36	Vir	Vir	Avir	Vir	Kenia (2007)
5. TTKSP		Avir	Vir	Vir	Avir	Sudáfrica (2007)
6. PTKSK		Vir	Avir	Avir	Avir	Kenia (2007), Etiopía (2007)
7. PTKST		Vir	Avir	Vir	Avir	Kenia (2008), Sudáfrica (2009)

^abajo el sistema de nomenclatura norteamericano

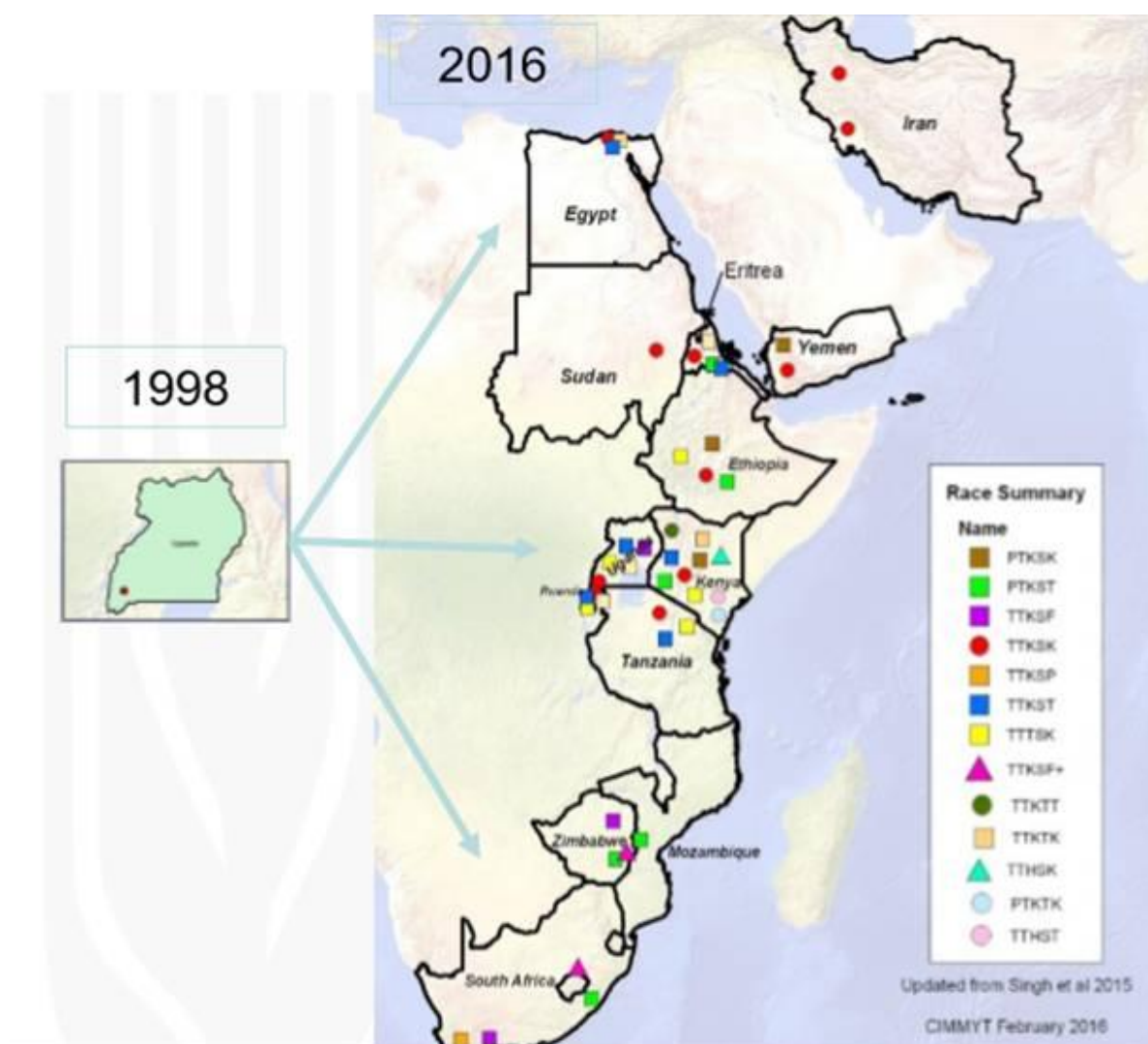
Fuente: Singh et al. (2015)

Singh (2008) coloca al gen Sr24 como uno de los más resistentes en Kenia. Estas dos últimas razas suponen el peligro potencial más grande. El resto son razas derivadas del Ug99 pero que no se les denominan Ug99. Singh et al. (2015) resaltan que la raza PTKST resultó virulenta al Sr31 y Sr24 en Kenia (2008) y Sudáfrica (2009); el PTKSK resultó virulento al Sr31 en Kenia (2007) y Etiopía (2007), mientras que el TTKSP se cree que evolucionó en Sudáfrica y que se tornó virulento al Sr21 y Sr24 por mutación. Ello hizo que se designara a Sudáfrica como una singular zona epidemiológica. La detección del TTKSF en Zimbabue fortalece la hipótesis de la expansión de razas comunes en la región. Asimismo la detección del PTKST (originalmente ubicado en Kenia), en Sudáfrica prueba el vínculo de la presencia de la roya de tallo en el Este y Sur de África. En su documento Singh et al. (2015) señalan a Tanzania como país en donde también se detectó la presencia de TTKST, TTTSK, y TTKSK en 2009. De ahí se cree que pudo haber saltado a Zambia, Malawi y Mozambique. En 2015 ya se habían detectado 13 razas a lo largo de 13 países como lo muestra una presentación de Bhavani en el Mapa 1 (Bhavani et al., 2016). Asmmaw et al. (2013) por su parte señala que son ocho los genes que confieren resistencia al TTKSK: Sr 13, Sr 14, Sr 22, Sr 28, Sr 33, Sr 35, Sr 42 y Sr 45.

Singh et al. (2008) explican que el TTKSK pudo haber estado presente en Kenia desde 1993, desde donde se expandió constantemente en un periodo de 10 años. En 2005, reportes de Etiopía ubicaron una región ideal para la propagación del hongo en los altos africanos que denominaron “hot spot”, que partía de Uganda, pasando por Kenya, Etiopía, Sudán y Yemen como se percibe en el mapa 1. Éste último país pudo haber servido como trampolín a la expansión del virus hacia Medio Oriente y Asia (Singh, 2008). Ravi et al. (2011) explican que para 2007 se había confirmado la presencia del Ug99 en Uganda, Kenya, Etiopía, Sudán y Yemen. Se percibía su expansión hacia el Oriente Medio y Asia. Posteriormente se confirma la raza TTKSK en Irán en marzo de 2008. De modo que partir de ese año se ha expandido a lo largo de miles de



kilómetros desde el este de África, incluyendo Sudáfrica, Egipto, el Medio Oriente e Irán. En 2008, el 80% de los tipos de trigo fueron susceptibles a adquirir el Ug99.



Mapa 1.
Expansión de la Roya de Tallo Ug99 y sus diferentes razas
“Hot spot” Fuente: Bhavani et al. (2016)

Estrategias de combate

Para combatir al Ug99 se usan básicamente dos herramientas. En primer lugar está la búsqueda desesperada de genes resistentes al hongo. Una de las estrategias más usadas ha sido la identificación de genes con efectos acumulativos que transmiten una capacidad de resistencia duradera contra el Ug99, como es el caso del trasladado de Sr2 de trigos



tetraploides a trigos hexaploides. Singh et al. (2015) explican que: “The Sr2 complex is believed to have provided the foundation for durable resistance to stem rust in germplasm from the University of Minnesota in the United States, Sidney University in Australia, and the spring wheat germplasm developed by Dr. N.E. Borlaug at CIMMYT in Mexico”. Por su parte, Matt Rouse trabaja en un proyecto de genes resistentes al hongo que divide en tres secciones: a) el T. monococcum; b) el trigo Thatcher y c) el cromosoma 2BL. En el primer caso ha identificado especies de trigo que, por su composición genética, han probado tener éxito en su resistencia a más de una raza del Ug99 y, por su contenido de genes novedosos: el *Triticum monococcum* susceptible a contener genes del tipo Sr35, Sr22, Sr21, SrTm4 y SrTm5 y *Aegilops tauschii*, susceptible a contener genes del tipo Sr33, Sr45, SrTA1662, SrTA10187 y SrTA10171. En especial, trabaja con procedimientos de clonación en los genes Sr35 y Sr33 para poderlos incorporar en diferentes tipos del *Triticum monococcum* y *Aegilops tauschii*. En el segundo, Matt Rouse trabaja también con combinaciones que incluyen el Sr12 y 1AL a las que denomina QTL en trigos del tipo Thatcher y McNeal obteniendo resultados alentadores. En tercer lugar, el cromosoma 2BL ha probado también ser resistente al hongo mediante pruebas con el Sr28 y SrGabo56. En su presentación de 2013, Rouse explicaba que en un periodo de 5 años, el número de genes resistentes al hongo se había duplicado (Rouse et al., 2013).

En segundo lugar, Les Szabo afirma que se pueden utilizar fungicidas, pero solo como medida de emergencia, en virtud de que son venenosos al medio ambiente, escasos y caros. Todos los cultivos de trigo comerciables son susceptibles de adquirir este virus, por lo que se vuelve necesario aplicar fungicidas. Ya en el pasado se había logrado abatir el flagelo sin necesidad de fungicidas, solamente a través de cultivos resistentes al hongo. Pero con el paso del tiempo y a través de la aparición de nuevas razas de Ug99, los cultivos resistentes se vuelven vulnerables. De modo que surge la necesidad de encontrar nuevos cultivos resistentes, pero mientras tanto se recurre a los fungicidas. Si bien el problema se ha atacado con el uso de fungicidas, Wanyera et al. (2009) señalan que no hay suficiente información sobre la eficiencia en su uso, pero está convencido de que los fungicidas no son una solución de largo plazo. Por su parte, la SAGARPA (2016: 6) agrega que el fungicida azoxistrobin a 200 g/ litro + ciproconazole a 80 g/litro, tebuconazole y tebuconazole + tridimenol fueron efectivos en la reducción de las poblaciones de la raza Ug99 en sitios probados. Pero, por otro lado, los que no resultaron exitosos, fueron trifloxystrobin + propiconazole, hexaconazole, epoxiconazole + carbendazim, cyproconazole a 80 g/litros + propiconazole a 250 g/litro, y epoxiconazole a 125 g/litro + carbendazim a 125 g/litro.

En este tenor, tampoco se puede pasar por alto el riesgo para la salud que implica el uso no solamente de fungicidas, sino de herbicidas en la agricultura. En un artículo publicado por el semanario alemán Die Zeit, Christina Greffe (2017) hace alusión a la controversia que ha causado en la Unión Europea el glifosato. El herbicida fue lanzado al mercado por Monsanto en la década de los 70 del siglo pasado, convirtiéndose en un herbicida estrella por su eficiencia en cultivos de trigo, maíz y soya, así como su inocuidad tanto para el ambiente como para la salud. Su uso fue difundido alrededor del mundo con lo que se convirtió en un importante generador de ingresos para Monsanto. No obstante, desde el verano de 2005, la agencia internacional para la investigación de cáncer (IARC¹⁴) hizo pública la sospecha de que el glifosato podría ser un causante de cáncer. Su aseveración la basó en datos tomados de productores agrícolas que estuvieron expuestos al glifosato, lo cual descarta en primera instancia un peligro masivo. A partir de entonces, se han registrado en los Estados Unidos 3500 demandas en contra de Monsanto exigiendo la compensación de daños derivados de la desinformación en el uso del herbicida o bien por casos de cáncer atribuibles al mismo. La aplicación de glifosato en la agricultura deja secuelas que impiden el reverdecimiento de las áreas tratadas y aniquilan una serie de insectos que sirven de alimento a aves, afectando la cadena alimenticia animal. Hay pruebas también de que el glifosato no se disuelve rápidamente, sino que contamina suelos y mantos acuíferos. Greffe señala que en los Estados Unidos se ha detectado inclusive el crecimiento de un tipo de hierba resistente al glifosato y cuyo combate requerirá eventualmente pesticidas mucho más venenosos. La licencia para comercializar el glifosato, vence a finales de 2017, por lo que ha surgido un caluroso debate sobre si se renueva por otro periodo o se cancela y procede su prohibición. Por la magnitud de su uso en la agricultura y lo dependientes que se han vuelto los productores agrícolas del glifosato, los dueños hablan de un “too big to fail”. A partir de los llamados “Monsanto

¹⁴ International Agency for Research on Cancer



papers” se ha denunciado una posible cooperación entre el consorcio y las autoridades para evitar que salga a la luz una serie de evidencias que desde finales de la década de los 90, probaban la peligrosidad del herbicida para la salud humana y el ambiente. Monsanto trabaja ya a marchas forzadas para lanzar un reemplazo ante una posible salida del mercado de su producto estrella.

Resurge el Ug99 en Italia y Alemania

Zsolt-Varga et al. (2007) reportaban ya la presencia de hongos en la agricultura europea. Señala que en Austria se encontró evidencia de presencia de hongos en semillas de diferentes productos agrícolas comercializados en aquel país. “*Es wurden insgesamt 7200 Samen geprüft, und daraus 45 Arten aus 31 Pilzlichen Gattungen identifiziert. Eine Vielzahl durch Grassamen übertragbar erpizlicher Krankheits erregers mit wirtschaftlicher Bedeutung konnte dabei nachgewiesen werden*”¹⁵ (Tzolt-Varga et al., 2007, p. 22). En 2013, se halló un indicio de Ug99 en Alemania, hecho que alarmó a los científicos. En cuestión de semanas se recibieron reportes de la posible presencia del Ug99 en la Alta y Baja Sajonia, así como en Thüringen y Brandenburg. Posteriormente, en 2016 se encontraron dos casos de roya de tallo negro en la Baja Sajonia, Alemania, pero permanecieron controlados. En 2013 se estudiaron en el laboratorio varias muestras de Ug99 encontradas en Horstberg¹⁶, Alemania. Si bien se detectó que no se trataba del Ug99, sí resultó ser una nueva variante clasificada como: TKTTF. Se cree que la TKTTF causó graves daños en países como Turquía (2005) y Etiopía (2013, 2014, 2015) (Bhavani et al., 2016). Ravi (2015, p. 3), por su parte, asegura que el TKTTF es altamente virulento en trigos del tipo “*Digalu*”, cultivado en Etiopía y Medio Oriente. La experiencia de afectación de cultivos por la presencia del TKTTF encendió la alarma por su alto potencial devastador. Por otro lado, en Sicilia ese mismo año se infectaron 10 mil hectáreas de trigo de roya de tallo negro, por lo que se cree que el número de esporas que flotan en Europa es relativamente alto. A pesar de no tener nuevas noticias de brotes, los investigadores encendieron luces de alerta. Según el RustTracker.org, el 2 de febrero de 2017 se publicó la detección de un brote roya de tallo en la cuenca del Mediterráneo (Yalemayehu, 2017). Las muestras obtenidas en Sicilia apuntan al surgimiento de otra nueva raza bautizada ahora bajo el nombre de TTTTF. Ésta se detectó tanto en trigo de pan y trigo duro durante el periodo de abril-junio de 2016 en Sicilia, Italia. Se estima que las miles de hectáreas contaminadas pudieron haber afectado los cultivos de trigo para el año 2017, por lo que se alarmaba a los productores. Las primeras muestras de contaminación fueron detectadas por el Dr. Biagio Radanzzo el 19 de abril de 2016, en parcelas experimentales en la provincia de Cimmia Palermo. Asimismo, se observó la presencia de roya de tallo amarilla. Se piensa que los inviernos templados pudieron haber acelerado la reproducción del hongo. Las muestras fueron enviadas al GRRC en la Universidad de Aarhus, en Dinamarca. Esta nueva TTTTF afecta a los genes resistentes Sr9 y Sr13, con antecedentes en Turquía. Expertos aseguran que no está relacionada con el grupo de razas de la familia Ug99 y que es avirulenta a los genes Sr31, Sr24 y Sr25. Por la extensión del área afectada en Sicilia, se trata de uno de los brotes más severos de la roya de tallo más recientes en Europa. Por la gran extensión de cultivos contaminada se teme que genere una gran cantidad de esporas que se dispersen durante 2017. Por la ubicación geográfica, países como Grecia, Albania, Montenegro, Bosnia Herzegovina, Croacia y Eslovenia podrían verse afectadas, así como el norte de Libia y el noreste de Túnez.

Mogen Hovmøller de la Universidad de Aarhus en Dinamarca es director del *Globale Rost-Referenzzentrum (GRRC)* desde donde realiza el seguimiento (*monitoreo*) a nivel internacional brotes de enfermedades relacionadas con la roya de tallo. Su especialidad es la roya de tallo amarilla que se ha detectado en Europa Central; ésta es menos agresiva que la roya de tallo negro, pero puede echar a perder hasta un 40% de la cosecha. Si bien la presencia de la roya de tallo amarilla era esporádica en Europa, a partir de 2011 se hallaron dos nuevas razas: *Warrior* y *Kranich* (Carmona, s/a). Los nombres se derivaron del tipo de trigo en el que se descubrieron. Éstas se esparcieron y anidaron en la región a expensas de otros tipos de roya de tallo amarilla. Después de varios esfuerzos por encontrar de dónde provenían, Mogen Hovmøller señaló que se originaron

¹⁵ Traducción propia: se analizaron un total de 7200 semillas de las cuales se detectaron 45 tipos de 31 derivados de hongos. Se podría probar la presencia de hongos contagiosos que podrían tener un impacto económico significativo

¹⁶ El hallazgo se hizo en el invernadero de Horstberg en el llamado R.A.G.T. Staaten



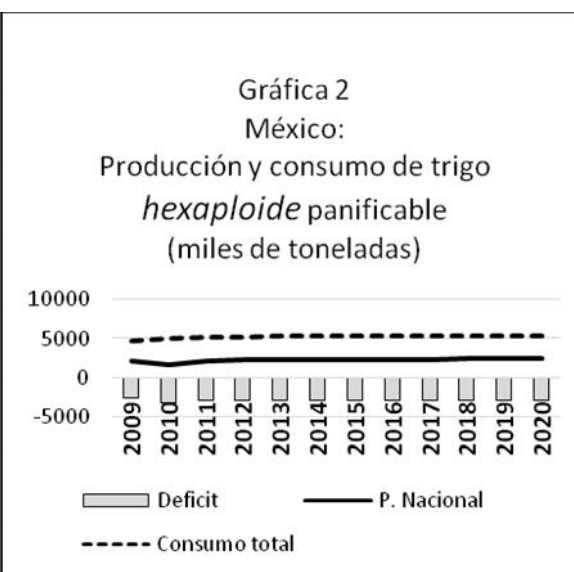
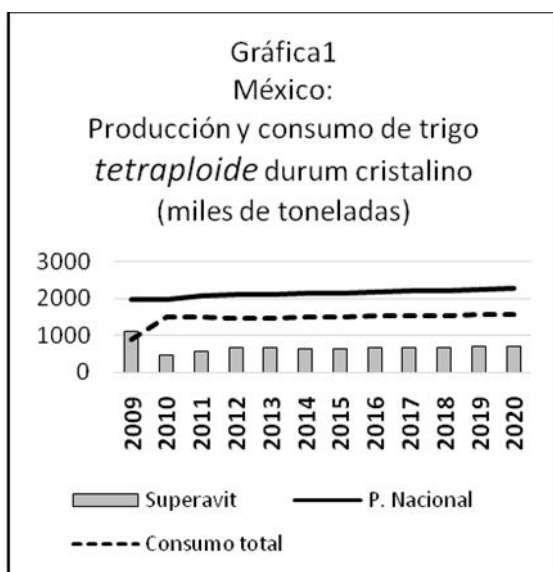
en el Himalaya. El especialista afirma que la roya de tallo amarilla se expande en Europa no solamente a través de estas dos nuevas razas, sino de otras variantes. Hasta ahora, el hongo se ha controlado con fungicidas y se procura mantener un sistema de aviso para combatir de inmediato la plaga en sus periodos iniciales. Hovmøller: “*wir müssen versuchen, die Zahl de Sporen in der Luft so niedrig wie möglich zu halten. Dan kann sich der Pilz nicht so schnell weiterentwickeln, und wir können die Schäden begrenzen*”¹⁷ (Hoppenhaus, 2017).

MÉXICO

En 2010, México produjo 3.7 millones de toneladas métricas (mtm) de trigo. No obstante, la producción se incrementó de 3.352 millones en 2013 a 3.841 millones en 2016 (Milenio, 2017). México produce tanto trigo suave y fuerte (*hexaploide*) como cristalino o duro (*tetraploide*). El 80% de la producción del primer tipo se concentra por lo regular en siete estados de la República: Sonora, Guanajuato, Baja California, Zacatecas, Tlaxcala, Chihuahua y Michoacán. Su demanda viene en aumento y más del 30% se importa (SFA SAGARPA, 2011). La totalidad de este grano se destina a la industria panificadora y de galletas y se espera que la demanda aumente de 5.1 mtm en 2011 a 5.3 mtm en 2020, mientras que las importaciones, provenientes principalmente de los Estados Unidos, se mantengan alrededor de 2.9 mtm anuales. Con el propósito de tomar medidas preventivas contra el Ug99 en México, el CIMMYT, que posee un centro de investigación en El Batán, Texcoco, Estado de México, así como en Ciudad Obregón, Sonora, lanzó un proyecto de cooperación en 2010 para investigar el hongo Ug99 que denominó *esquema de incubación México-Kenia (Mexico-Kenya shuttlebreedingscheme)*. Ahí se estudian muestras procedentes de Njoro Kenia y México. Según la SAGARPA, se ha puesto en marcha en nuestro país un control cultural que consiste en la siembra tardía en otoño o temprana en primavera y el uso de variedades de maduración temprana que permite reducir el tiempo de exposición del cultivo al patógeno. Se ha encontrado roya de tallo en Cd. Obregón, Sonora; roya de tallo amarilla en Toluca, Estado de México, pero no del tipo Ug99 (Bhavani et al., 2016). Asimismo se sabe que los programas de erradicación de hospedantes alternantes como el agracejo han tenido importantes efectos en el control de las epidemias del *P. graminis* en América del Norte y Europa. Según (SAGARPA/CESAVEG), en México el trigo se produce en 23 estados y la roya de tallo está presente, pero no la roya de tallo negra o Ug99. El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria señala que el diagnóstico se lleva a cabo por observación directa de las esporas (*uredosporas* y *teliosporas*) a través de un microscopio a 100X. Las *uredosporas* del *P.graminis* son oblongas, equinuladas de 20 a 30 μm (micrómetros) y son de color naranja claro (SAGARPA, Dirección General de Sanidad Vegetal, 2016). La Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) vía el Programa del Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (PVEF) lleva a cabo trabajos de exploración en sembradíos hospedantes, rutas de comercialización y vías de comunicación en los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas.

Como se puede percibir en las Gráficas 1 y 2, existe un déficit en el mercado del trigo *hexaploide* panificable; la producción de trigo fue de 2.1 mtm en 2009 y se estima que para 2020 sea de 2.4 mtm, lo que equivale a un crecimiento anual de 1.33% mientras que la demanda nacional en el mismo lapso es de 4.7 mtm y 5.3 mtm equivalente a un crecimiento anual de 1.07%. El déficit en este tipo de trigo se incrementará de 2.6 mtm a 2.8 mtm, cantidad que se cubrirá con importaciones. En contraste, en el trigo *tetraploide* durum cristalino, se tiene un superávit. La producción en 2009 fue 1.9 mtm y se estima que para 2020 sea de 2.27 mtm lo que equivale a un incremento anual promedio de 1.21%. La demanda en el mismo lapso pasó de 0.9 mtm a 1.52 mtm, equivalente a un incremento anual promedio de 5.14%. El superávit en este tipo de trigo es probable que se traduzca en exportaciones que oscilan entre 475 mil toneladas métricas y un millón. No obstante, la balanza comercial de trigo para México seguirá siendo deficitaria yendo de 1.5 mtm en 2009 a 2.15 mtm en 2020. Los productores más destacados son Guanajuato y Sonora. El primero concentrando más del 70% de su producción en trigo panificable mientras que el segundo ocupa un porcentaje similar en la producción de trigo *durum* cristalino.

¹⁷ Traducción propia: *Debemos procurar mantener el número de esporas circulando en el aire lo más bajo posible. De esa manera el hongo no se desarrollará y los daños se mantendrán bajo control.*



Fuente:(SFA SAGARPA, 2011)

CONCLUSIONES

Las recientes apariciones de roya de tallo amarilla en Europa y la propagación de la roya de tallo negra en el este de África y Oriente medio, han encendido los focos rojos en la comunidad académica. La amenaza que representa el hongo Ug99 a los cultivos de trigo, se suma a una serie de problemas que aquejan a la seguridad alimentaria mundial. Si bien por un lado la ciencia sigue mostrando avances sustanciales en la creación de nuevos genes resistentes al hongo, la multiplicación de las razas clasificadas como de alta peligrosidad no se ha detenido, por lo que se está aún lejos su erradicación. Es decir, por un lado están las apariciones de roya de tallo del tipo TTTTF en Europa, así como de los tipos Warrior y Kranich en roya de tallo amarilla, y por el otro el avance en los laboratorios líderes el de St Paul en Minnesota como en la Universidad de Aarhus en Dinamarca, que ya han dado resultados positivos mediante el uso de tecnología de punta como la clonación y el estudio del genoma. Añádase a ello el peligro que representa el empleo de los fungicidas y herbicidas en la agricultura a la salud humana y al ambiente, con lo cual no solamente se tiene una amenaza a la producción de alimentos sino a la salud pública como se tocó en el caso del glifosato.

México ostenta un déficit en trigo panificable que cubre con importaciones procedentes de los Estados Unidos, cuyos cultivos de trigo son vulnerables a los TTKSK, TTKST y TTTSK, por lo que ante un brote epidemiológico en el vecino del norte, nuestro país resultaría afectado. Afortunadamente, la presencia del CIMMYT en México y la cooperación internacional de sus investigadores han tomado nota del peligro y el Ug99 está ya en sus agendas y líneas de investigación.

Solamente queda continuar atentos para prevenir y, en su caso, tomar las medidas necesarias ante un brote inusitado de este flagelo en territorio nacional en el que los estados de Sonora y Guanajuato estarían en el ojo del huracán con pérdidas que podrían ir, según se analizó en este estudio, de 25 a 50% de la producción.



Referencias

- Asmmawy, Mamdouh A., El-Orabey, Walid M., Nazim, Mohamed, Shahin, Atef A. 2013. Effect of stem rust infection on grain yield and yield components of some wheat cultivars in Egypt . *ESci J. Plant Pathology*. 1(1): 171-178.
- Banco Mundial. *Informe Anual 2012*. Recuperado de http://issuu.com/world.bank.publications/docs/annual_report_2012_sp?e=1107022/2562915
- Bhavani, S., Njau, P., Wanyera, R., Girma, B., Geleta, A. B., Badebo, A., Gordon, C. 2016. *Decade of stem rust research on Ug99: Progress and challenges*. Obtenido de International Maize and Wheat Improvement Center (Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo): <http://repository.cimmyt.org/xmlui/handle/10883/18844>
- Bourlag Global Rust Initiative. (s.f.). *BGRI*. Obtenido de <https://www.globalrust.org/>
- Carmona, M. (s.a.) *Roya Amarilla de Trigo. Nuevas razas en el mundo, monitoreo y uso de fungicidas*. Buenos Aires, Argentina, Argentina. <http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/wp-content/uploads/2016/03/CARMONA-SAUTUA-Roya-amarilla-2017-FAUBA.pdf> de s/m de s/a.
- Grefe, C. (19 de octubre de 2017). Ein Gift mit Zukunft oder kommt das Aus für Glyphosat in der Landwirtschaft? Die Eu muss bald entscheiden-der Streit spitzt sich zu. *Die Zeit*, pág. 43.
- Hoppenhaus, K. (20 de julio de 2017). Böses erwachen. *Die Zeit*, 30/17, págs. 32-35.
- Jin, Y., Szabo, L.J., Pretorius, Z.A., Singh, R.P., Ward, R., Fetch, T., Jr. 2008. Detection of virulence to resistance gene Sr24 within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. tritici. *Plant Disease*. 92(6): 923-926. doi:10.1094 / PDIS-92-6-0923
- Koerner, B. I. (22 de febrero de 2010). *Red Menace: Stop the Ug99 Fungus before its spores bring starvation*. Obtenido de Magazine: https://www.wired.com/2010/02/ff_ug99_fungus/all/1
- Milenio. (28 de abril de 2017). *Producción de trigo en México creció 14.6% en tres años*. Obtenido de Negocios: http://www.milenio.com/negocios/trigo-produccion_trigo-mexico-sagarpa-sonora-baja_california-milenio-noticias_0_946705634.html
- Naciones Unidas. (2010). *Objetivos del Milenio, informe 2010. Departamento de Asuntos Económicos*. ONU. Nueva York.
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos del Desarrollo del Milenio, Informe 2015. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas*. ONU. Nueva York.
- Pretorius, Z. A., Szabo, L. J., Boshoff, W. H. P., Herselman, L., Visser, B. 2012. First report of a new TTKSF race of wheat stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. tritici) in South Africa and Zimbabwe. *Plant Dis*. 96:590.
- Que, Q., Chilton, M.-D., de Fontes, C. M., He, C., Nuccio, M., Zhu, T., Wu, Y., Chen, J. S., Shi, L. 2010. Trait stacking in transgenic crops. *GM Crops* 1:220-229.
- Rafiqi, M., Gan, P. H., Ravensdale, M., Lawrence, G. J., Ellis, J. G., Jones, D. A., Hardham, A. R., Dodds, P. N. 2010. Internalization of flax rust a virulence proteins into flax and tobacco cells can occur in the absence of the pathogen. *Plant Cell* 22:2017-2032.
- Rajaram, S., Singh, R. P., Torres, E. 1988. Current CIMMYT approaches in breeding wheat for rust resistance. Pages 101-118 in: *Breeding Strategies for Resistance to the Rust of Wheat*. N. W. Simmonds and S. Rajaram, eds. CIMMYT, D.F., Mexico.
- Ravensdale, M., Nemri, A., Thrall, P. H., Ellis, J. G., Dodds, P. N. 2011. Co-evolutionary interactions between host resistance and pathogen effectorgenes in flax rust disease. *Mol. Plant Pathol*. 12:93-102.
- Richardson, T., Thistleton, J., Higgins, T. J., Howitt, C., Ayliffe, M. 2014. Efficient Agrobacterium transformation of elite wheat germplasm without selection. *Plant Cell Tiss. Org*. 119:647-659.
- Roelfs, A. P. 1978. Estimated losses caused by rust in small grain cereals in the United States-1918-76. *U.S. Dep. Agric. Misc. Publ. No. 1363*, St. Paul, MN, pages 1-85.
- Roelfs, A. P., Martens, J. W. 1988. An international system of nomenclature for *Puccinia graminis* f. sp. tritici. *Phytopathology* 78:526-533.
- Roelfs, A. P., Singh, R. P., Saari, E. E. 1992. *Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. CIMMYT, D.F., Mexico.



- Rouse, M. N., Nirmala, J., Jin, Y., Chao, S., Fetch, T. G., Jr., Pretorius, Z. A., Hiebert, C. W. 2014a. Characterization of Sr9h, a wheat stem rust resistance allele effective to Ug99. *Theor. Appl. Genet.* 127:1681-1688.
- Rouse, M. N., Talbert, L. E., Singh, D., Sherman, J. D. 2014b. Complementary epistasis involving Sr12 explains adult resistance to stem rust in Thatcher wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 127:1549-1559.
- Rouse, M. (2013). Accessing Genetic Diversity for Wheat Resistance to Ug99. *The Science Media Production Center at Cornell* (pág. <https://www.youtube.com/watch?v=zWcvR5z4zF0>). New York: Cornell University.
- SAGARPA, Dirección General de Sanidad vegetal. (2016). *Roya del tallo del trigo; puccinia f. sp. tritici raza Ug99 Eriksson & Henning*. Mexico: Gobierno Federal.
- SAGARPA/CESAVEG. (s.f.). *Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria*. Obtenido de SAGARPA/SENASICA: file:///C:/Users/Investigador/Documents/La%20Salle/Investigaci3n/Ug99/trip_roya_negra_tallo_ug99.pdf
- Saintenac, C., Zhang, W., Salcedo, A., Rouse, M. N., Trick, H. N., Akhunov, E., Dubcovsky, J. 2013. Identification of wheat gene Sr35 that confers resistance to Ug99 stem rust race group. *Science* 341:783-786.
- Seeholzer, S., Tsuchimatsu, T., Jordan, T., Bieri, S., Pajonk, S., Yang, W., Jahoor, A., Shimizu, K. K., Keller, B., Schulze-Lefert, P. 2010. Diversity at the Mlapowdery mildew resistance locus from cultivated barley reveals sites of positive selection. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 23:497-509.
- SFA SAGARPA. (junio de 2011). *Perspectivas a largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020*. Obtenido de Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf
- Singh, R.P., Herrera-Foessel, S.A., Huerta-Espino, J., Bariana, H.S., Bansal, U., McCallum, B.D., Hiebert, C.W., Bhavani, S., Singh, S., Lan, C., Lagudah, E.S. 2012. Lr34/Yr18/Sr57/Pm38/Bdv1/Ltn1 confers slow rusting, adult plant resistance to *Puccinia graminis tritici*. Page 173 in: 13th Cereal Rust Powdery Mildew Conf. Friendship Hotel, Beijing.
- Singh, R.P., Herrera-Foessel, S.A., Huerta-Espino, J., Lan, C.X., Basnet, B.R., Bhavani, S., Lagudah, E.S. 2013a. Pleiotropic gene Lr46/Yr29/Pm39/Ltn2 confers slow rusting, adult plant resistance to wheat stem rust fungus. Page 17 in: Proc. Borlaug Global Rust Initiative, 2013 Tech. Workshop, New Delhi, India.
- Singh, R.P., Hodson, D.P., Huerta-Espino, J., Jin, Y., Bhavani, S., Njau, P., Herrera-Foessel, S.A., Singh, P.K., Singh, S., Govindan, V. 2011. The emergence of Ug99 races of the stem rust fungus is a threat to world wheat production. *Annu. Rev. Phytopathol.* 49:465-481.
- Singh, R.P., Hodson, D.P., Huerta-Espino, J., Jin, Y., Njau, P., Wanyera, R., Herrera-Foessel, S.A., Ward, R.W. 2008. Will stem rust destroy the world's wheat crop? *Adv. Agron.* 98:271-309.
- Singh, R.P., Hodson, D.P., Jin, Y., Lagudah, E.S., Ayliffe, M.A., Bhavani, S., Rouse, M.N., Pretorius, Z.A., Szabo, L.J., Huerta-Espino, J., Basnet, B.R., Lan, C., Hovmøller, M.S. 2015. Emergence and spread of new races of wheat stem rust fungus: Continued threat to food security and prospects of genetic control. *The American Phytopathological Society*. 105(7): 465-481. DOI: 10.1094/PHYTO-01-15-0030-FI
- Stanmeyer, J. (junio 2009). El fin de la abundancia. *National Geographic en español*, s/n.
- Wanyera, R., Kinyua, M.G., Jin, Y., Singh, R.P. 2007. The spread of stem rust caused by *Puccinia graminis f. sp. tritici* with virulence on Sr31 in Eastern Africa. *Plant Dis.* 90(1):113. <https://doi.org/10.1094/PD-90-0113A>
- Wanyera, R., Macharia, J.K., Kilonzo, S.M., Kamundia, J.W. 2009. Foliar fungicides to control wheat stem rust, race TTKS (Ug99), in Kenya. *Plant Dis.* 93:929-932.
- Yalemanyahu. (2 de February de 2017). *RustTracker.org A Global Wheat Rust Monitoring System*. Obtenido de CAUTION: February 2, 2017: Risk of wheat stem rust in Mediterranean Basin in the forthcoming 2017 crop season following outbreaks on Sicily in 2016: <http://rusttracker.cimmyt.org/?p=7083>
- Zsolt-Varga, P., Krautzer, B., Graiss, W. 2007. Samenübertragbare Pilzkrankheiten der Gräser. *Der Planzenarzt*, 3:22-24.



Galería de fotografías

Photographs gallery



Página en blanco / *Intentionally blank page*



Presídium de la ceremonia de inauguración / *Opening Ceremony Presidium:*

Alejandro Cadena-Ramos (DAAD), Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda (UNAM, Facultad de Química, AvH Stiftung), Carmen Durán-Domínguez (X Seminario Académico de Ingeniería Verde / *Tenth Academic Seminar on Green Engineering*)



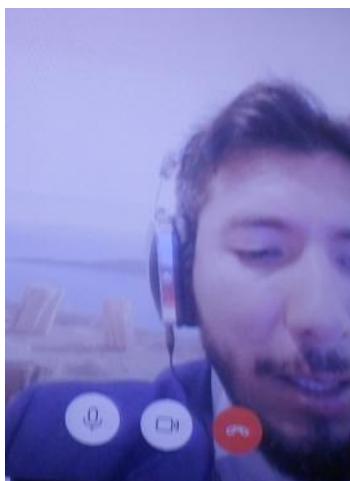
Primera Mesa Redonda / *First Round Table:*

Camiel Janssen (UNAM, Facultad de Química). Leonel Amábilis (Instituto Tecnológico de Culiacán), José Manuel Huerta-Fernández (SEMEXDAAD), Gabriel Echávez Aldape (UNAM, Facultad de Ingeniería)



Segunda Mesa Redonda / *Second Round Table:*

Prof. Dr. Hermilo Salas-Espindola, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, Académico invitado / *Invited scholar, listening to the conferences, y / and Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, chairperson, preparing the diplomas for the speakers / moderador, preparando los diplomas para los conferencistas*



Segunda Mesa Redonda / *Second Round Table:*

Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda (UNAM, Facultad de Química), Antonio E. Jiménez-González (UNAM; Instituto de Energía Renovables), José Manuel Barrera-Andrade (IPN, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas), Otoniel Carranza-Díaz (Universidad Autónoma de Sinaloa) por videoconferencia desde Turquía



En la comida comentando los puntos de las primeras dos mesas redondas / *During the brunch discussing the first two round tables issues:*

José Manuel Barrera-Andrade (IPN, ESIQIE), Arany Borja-Urzola (estudiante doctoral / graduate student), Samuel Mendoza-Pérez (estudiante doctoral / graduate student), Víctor Manuel Menéndez-Flores (DAAD), Rolando Salvador García-Gómez (UNAM, FQ), Espiridión Vargas (UNAM, FQ), Marisela Bernal (UNAM, FQ). De espaldas / Backwards: Leonel Amábilis (ITCuliacán), Landy Ramírez (UNAM, FQ)



En la comida comentando los puntos de las primeras dos mesas redondas / *During the brunch discussing the first two round tables issues:*

Hermilo Salas (UNAM; Facultad de Arquitectura), Yolanda González (UNAM, Facultad de Ingeniería), Antonio E. Jiménez (UNAM, IER), Camiel Janssen (UNAM, FQ), Alejandra Castro (DAAD). De espaldas / *Backwards:* Otto Plettner (DAAD), Fernando Flores (DAAD)



En la comida comentando los puntos de las primeras dos mesas redondas / *During the brunch discussing the first two round tables issues:*

Alejandra Castro (DAAD), Otto Plettner (DAAD), Fernando Flores (DAAD), Julieta Rojo (DAAD),
José Manuel Huerta-Fernández (DAAD)



En la comida comentando los puntos de las primeras dos mesas redondas / *During the brunch discussing the first two round tables issues:*

José Eduardo Rodríguez-Bustamante (DAAD), Amado Enrique Navarro-Frómeta (Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros), Gerardo Reyes-Guzmán (DAAD), Manuel Enríquez-Poy (Ingenios Motzorongo y El Refugio y COTENNIAA), Enrique Bazúa (UNAM, FQ, AvH Stiftung)



En la comida comentando los puntos de las primeras dos mesas redondas / *During the brunch discussing the first two round tables issues:*

Massyel Silva-Arvizu (UNAM, FQ), Jazmín Martínez-Laredo (UNAM, FQ), Diana Laura Rosas (UNAM, FQ), Carlos Soto (UNAM, FQ), José Eduardo Rodríguez-Bustamante (DAAD)



En la comida comentando los puntos de las primeras dos mesas redondas / *During the brunch discussing the first two round tables issues:*

José Eduardo Rodríguez-Bustamante (DAAD), Amado Enrique Navarro-Frómata (UTIM), Gerardo Reyes-Guzmán (DAAD), Manuel Enríquez-Poy (Ingenios Motzorongo y El Refugio y COTENNIAA), Enrique Bazúa (UNAM, FQ, AvH Stiftung)



Tercera Mesa Redonda / *Third Round Table:*

Dra. Julieta Rojo-Medina, *DAAD Alumna, moderadora /chairperson*



Tercera Mesa Redonda / *Third Round Table:*

Ing. Manuel Enríquez-Poy, *Director of Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio y Central Motzorongo) and President of the National Committee for Normalization of the Sugarcane and Ethyl Alcohol Industries / Director General del Grupo Motzorongo (Ingenios El Refugio y Central Motzorongo) y Presidente Nacional del Comité de Normalización de las Industrias Azucarera y Alcohólica, Invited scholar / Académico invitado*



Tercera Mesa Redonda / Third Round Table:

Dra. Marisela Bernal-González, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química,
Invited scholar / Académica invitada



Tercera Mesa Redonda / *Third Round Table:*

Dr. José Eduardo Rodríguez-Bustamante, DAAD Alumnus (Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Química)



Tercera Mesa Redonda / Third Round Table:

Ing. Manuel Enríquez-Poy (*Director of Grupo Motzorongo: Ingenios El Refugio y Central Motzorongo and President of the National Committee for Normalization of the Sugarcane and Ethyl Alcohol Industries* / Director General del Grupo Motzorongo: Ingenios El Refugio y Central Motzorongo y Presidente Nacional del Comité de Normalización de las Industrias Azucarera y Alcohólica), *Invited scholar* / Académico invitado, Dra. Marisela Bernal-González, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, *Invited scholar* / Académica invitada, Dr. José Eduardo Rodríguez-Bustamante, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Química, DAAD Alumnus, Dra. Julieta Rojo-Medina, DAAD Alumna, chairperson



Cuarta Mesa Redonda / *Fourth Round Table:*

Prof. Dr. Hermilo Salas-Espindola, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, *Invited scholar* / Académico invitado



Cuarta Mesa Redonda / *Fourth Round Table:*

Prof. Constantino Gutiérrez-Palacios, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Moderador / *Chairperson, DAAD Alumnus*



Cuarta Mesa Redonda / *Fourth Round Table:*

Prof. Constantino Gutiérrez-Palacios, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Moderador / *Chairperson*, DAAD Alumnus, y / and Dr. Gerardo Reyes-Guzmán, Universidad De la Salle Bajío, Campus Salamanca, México, DAAD Alumnus



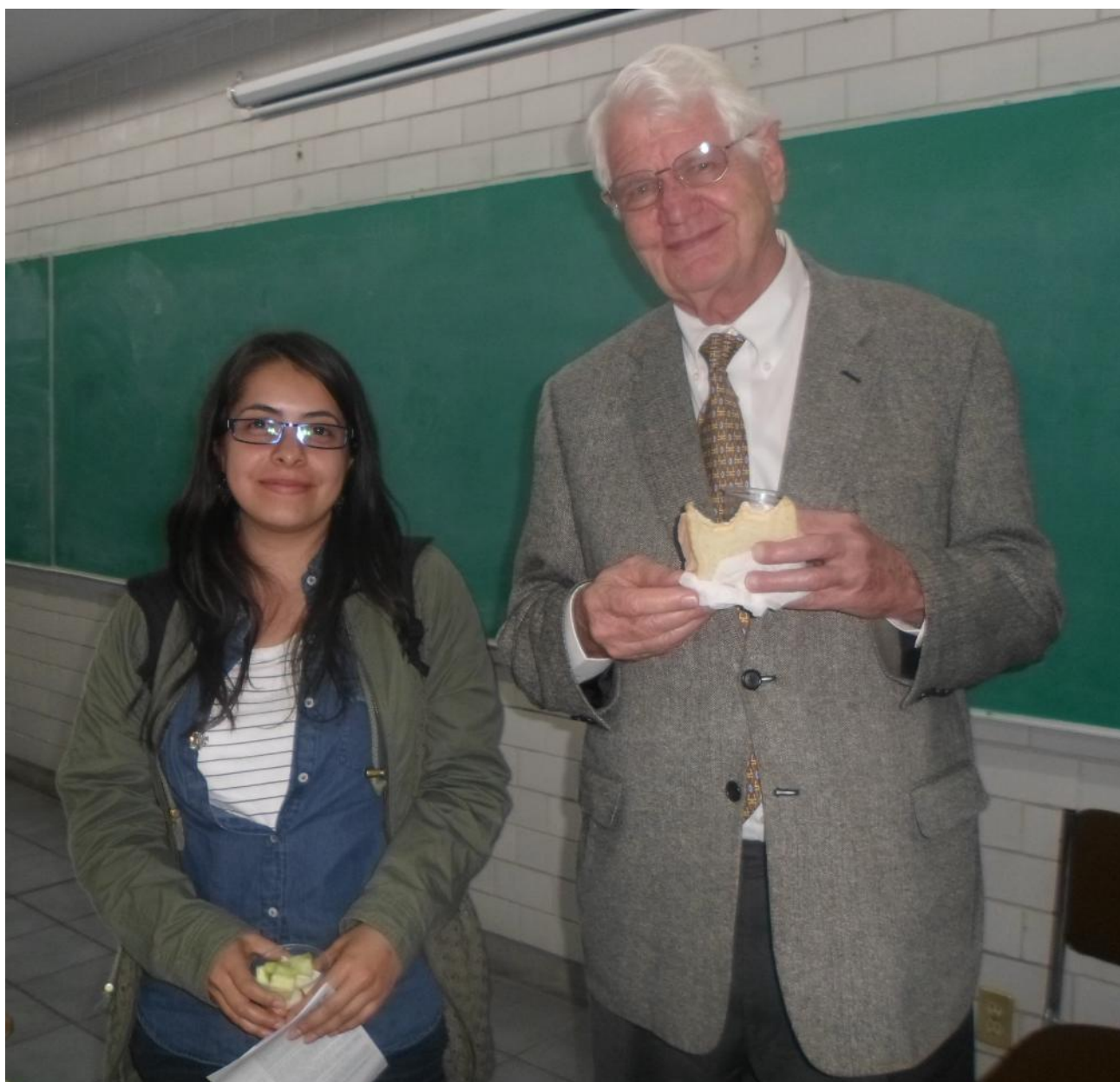
Conferencia magistral de clausura:

Prof. Dr. Amado Enrique Navarro-Frómata, Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla, México, *Invited scholar* / Académico invitado, giving his interesting conference



After the closing ceremony, refreshments and non alcoholic drinks / Después de la ceremonia de clausura, algunos refrigerios y refrescos

Prof. Dr. Amado Enrique Navarro-Frómata, Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla, México, *Invited scholar* / Académico invitado, and Prof. Dr. Hermilo Salas-Espindola, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, *Invited scholar* / Académico invitado



After the closing ceremony, refreshments and non alcoholic drinks / Después de la ceremonia de clausura, algunos refrigerios y refrescos: Ms. Kiara Mary Joan Nava, estudiante de la UNAM / student y/and Otto Plettner, DAAD Alumnus



After the closing ceremony, refreshments and non alcoholic drinks / Después de la ceremonia de clausura, algunos refrigerios y refrescos: Ms. Dr. Elia Méndez-Lecanda from Comisión Federal de Electricidad, Academic Scholar / Invitada Académica y/and Dipl.-Ing. José Manuel Huerta-Fernández, Presidente SEMEXDAAD, DAAD Alumnus



After the closing ceremony, refreshments and non alcoholic drinks / Después de la ceremonia de clausura, algunos refrigerios y refrescos: Dr. Víctor Manuel Menéndez-Flores, Comisión Nacional del Agua, México, DAAD Alumnus, Dr. Fernando Flores-Guzmán, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, DAAD Alumnus, Dr. José Eduardo Rodríguez-Bustamante, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Química, DAAD Alumnus y/and Prof. Dr. Enrique Rodolfo Bazúa-Rueda, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, AvH Scholar



In Memoriam: Dr. Peter Kuschik / Dr. Hanns Sylvester



Página en blanco / *Intentionally blank page*



ISBN: 978-607-7807-07-0



Junio / June 2019