

# **ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT**

## **DISCURSOS PRONUNCIADOS EN EL ACTO SOLEMNE DE INCORPORACIÓN DE LA ING. GRISELDA FERRARA DE GINER CON MOTIVO DE SU INCORPORACIÓN COMO INDIVIDUO DE NÚMERO, SILLÓN XII**

**Caracas, Palacio de las Academias, 15 de febrero 2018**

### **1**

#### **DISCURSO DE INCORPORACIÓN POR LA ING. GRISELDA FERRARA DE GINER**

Académico Gonzalo Morales, presidente de la Academia de la Ingeniería y el Hábitat, Señores Académicos y miembros de Comisiones Técnicas, distinguidos invitados y colegas, estimados amigos y queridos familiares que hoy me acompañan, Señoras y Señores.

Quisiera comenzar mis palabras agradeciendo a esta ilustre Academia por la honrosa distinción de haberme concedido mi incorporación como Individuo de Número. Es un privilegio y al mismo tiempo un reto que asumo con vocación de servicio al que aspiro corresponder participando y colaborando, dentro de mi área de competencia, en las tareas que le son propias a la Academia de acuerdo a su estatuto de creación y que permiten que sea un ente que coopera con el desarrollo nacional y la definición y elaboración de directrices y estrategias de interés público concernientes con la Ingeniería y el Hábitat.

Me corresponde el honor y compromiso de asumir el sillón XII de la Academia, anteriormente ocupado por el Dr. Guido Arnal Arroyo, distinguido ingeniero, quién fuera miembro fundador de la Academia de la Ingeniería y el Hábitat y que lamentablemente falleciera. A continuación paso a hacer su semblanza, como es la tradición de la Academia en estos actos.

No tuve la oportunidad de conocer personalmente al Dr. Arnal, pero con base a artículos, biografías, entrevistas, publicaciones de la Universidad Católica Andrés Bello y conversaciones con personas que si lo conocieron como el caso del Ingeniero y docente Manuel Gaspar, quién tuvo la gentileza de compartir conmigo anécdotas, particularidades de su carácter y comportamiento, puedo comentar con mayor propiedad sobre su fructífera vida.

Entre los rasgos de su personalidad que destacan se puede hablar de su rectitud y carácter equilibrado y respetuoso de todas las opiniones. Una entrega sin límites al trabajo y una dedicación convencida a la excelencia académica. Le gustaba oír los pareceres de todos y esta característica le sería de mucha ayuda en los tiempos turbulentos que tuvo que enfrentar en su universidad. Como me cuenta el prof. Gaspar, su trato sencillo, su humildad muy bien

administrada, que no establecía diferencias por ser Rector, le permitía fraternizar con los diferentes miembros de su comunidad.

El Dr. Guido Arnal Arroyo nació en Caracas en 1931. Sus estudios en educación básica y media los realizó en el Colegio La Salle de Tienda Honda y la educación superior en la Universidad Católica Andrés Bello, en donde culminó la carrera de Ingeniería Civil, egresando con la mención *Cum Laude*, en 1958, en la promoción Dr. Justo Pastor Farías.

A lo largo de su carrera académica fue docente en la UCAB, en la Universidad Central de Venezuela y en la Universidad Santa María, donde impartió las asignaturas de Resistencia de Materiales, Geometría Descriptiva y Tecnología. Quienes lo conocieron bajo esta faceta lo consideraron un excelente profesor.

En el ámbito académico-administrativo tuvo una exitosa carrera en su Alma Mater donde ejerció los cargos de Director de la Escuela de Ingeniería Civil entre 1960 y 1967, Decano de la Facultad de Ingeniería entre 1967 y 1972, Vicerrector Académico y Encargado del Rectorado en el convulso período entre 1972 y 1974, cuando con gran entereza asumió la responsabilidad de sacar del marasmo a la universidad. Fueron tiempos de clases suspendidas, expulsiones, autoridades cuestionadas y en ese contexto supo resolver con gran acierto las dificultades que atravesaba la Universidad Católica. Me referiré con más detalle a estas circunstancias un poco más adelante.

Culminó su paso por la Universidad Católica Andrés Bello alcanzando el más alto cargo, el de Rector entre 1974 y 1990. Debo destacar, que desde la fundación de la universidad, esta es la primera y única vez que tan alta posición ha sido ocupada por un seglar. Fue una fructífera gestión de 16 largos años que “*se caracterizó por la función estabilizadora y promotora de unión en la diversidad*” como bien lo expresara la *Revista de los Jesuitas* (Nº 8, 1990), que también refiere que “*Transformó a la UCAB en una Institución Universitaria seria y organizada con un prestigio académico de primera línea*”. Bajo su gestión rectora se aprobaron nuevos reglamentos académicos, nuevas normas de admisión y de escalafón, todos conducentes al fortalecimiento de la academia y la transformación de la universidad en una Casa de Estudios Superiores moderna y acorde con su tiempo. El padre Gustavo Sucre S.J. opinó en entrevista lo siguiente: “*Esta era una universidad monárquica y centralista; mandaba el rector. Con el estatuto se logró el equilibrio; ahora, y desde hace tiempo, las decisiones son colegiadas*”.

A pesar de las limitaciones presupuestarias y contando con la Oficina de Promoción y Desarrollo, unidad recién creada bajo su rectoría con el fin de obtener financiamiento por otros medios distintos a la matrícula universitaria, se ejecutó un plan maestro de desarrollo de infraestructura. Este plan contempló la construcción del sexto módulo de aulas, el edificio de los Servicios Centrales, el Aula Magna y sus salas de usos múltiples y el edificio de Postgrados. Se activó con gran éxito un proyecto para fomentar el vínculo del egresado con su *Alma Mater* y se creó un fondo para apoyar alumnos con dificultades para cubrir los costos de la matrícula.

Se puede decir que al finalizar su rectorado el Dr. Arnal había enrumbado la Universidad Católica Andrés Bello hacia derroteros que la convertían en una institución competitiva en el

ámbito de las universidades locales y regionales. El Rector que lo sucedió el padre Luis Ugalde S.J. reconoce en entrevista que le hiciera el periodista Javier Conde que la UCAB que él recibió en 1990 era muy diferente y positiva.

Su trayectoria académica lo hizo merecedor de varias distinciones en la UCAB. Se destaca el Doctorado Honoris Causa en Educación que le fue otorgado en 2003. Así mismo, en el 2006 se creó la cátedra Fundacional de Fomento a la Investigación de la Ingeniería Industrial, designada con el nombre del Doctor Guido Arnal Arroyo y en 2015 se bautizó en su honor el auditorio localizado en el edificio de laboratorios de Ingeniería.

En otro ámbito de su desempeño profesional en 1991 fue nombrado Ministro de Estado para la Educación Superior, Ciencia y Tecnología y paralelamente ejerció como Presidente de Fundayacucho durante los años 1994-96, así mismo fue Miembro del Consejo Directivo de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales desde 1994 hasta su fallecimiento en 2015. Fue Miembro de Comisiones para el estudio de la creación de nuevas Universidades, Facultades y Escuelas en el Consejo Nacional de Universidades.

A lo largo de su carrera recibió una serie de condecoraciones: Orden del Libertador en grado Comendador, Orden Francisco de Miranda en su 1ra Clase, Orden Andrés Bello, Banda de Honor, Orden 27 de Junio en su 1ra Clase. Por parte de la Santa Sede recibió una condecoración como Caballero Comendador de San Gregorio Magno y el Colegio de Ingenieros de Venezuela le otorgó la Orden Antonio José de Sucre.

No puedo terminar esta semblanza sin detallar el importante rol que jugó El Ing. Arnal en la etapa convulsa que atravesó la UCAB. Corrían los primeros años de la década de los 70's y la Universidad Católica se enfrentaba a la rebeldía estudiantil y el choque de corrientes teológicas en su seno, propias de esos años. Se sucedieron conflictos, entre las autoridades y los estudiantes respaldados por algunos docentes, en torno a la concepción de lo que es una universidad, su estructura, los niveles de participación de profesores y estudiantes. Estos conflictos generaron expulsiones y la parálisis de la universidad. Existía una fuerte división entre grupos contrapuestos. Se buscó una persona equilibrada, con conocimiento del funcionamiento de la institución y que se sabía tenía una inquebrantable lealtad a los ideales ucabistas y este era el caso de Guido Arnal, que en ese momento ocupaba el cargo de Decano de la Facultad de Ingeniería y aceptó la difícil tarea de resolver tan complicada situación, pasando a ser Vicerrector Académico y al mismo tiempo Rector Encargado.

Del artículo del periodista Javier Conde publicado en el *Magazín de la UCAB* N° 128 de 2013, extraigo las opiniones de dos sacerdotes jesuitas, ambos testigos de la época, sobre el aporte del Rector Arnal a la solución de los sucesos de esos aciagos días. El primero de los entrevistados, el Padre Luis Ugalde S.J., en esos momentos estudiante de Sociología, expresó: “*Se buscó una persona no ideológica, si eso fuera posible, y Guido hizo muy bien su papel y logró institucionalizar la universidad con la aprobación del Estatuto Orgánico*” y el segundo entrevistado, el padre Gustavo Sucre S.J., un

destacado docente con muchos años de experiencia, pone énfasis en la concreción del Estatuto de la UCAB, suerte de constitución interna y dijo: *“Se buscaba, desesperadamente, con la universidad cerrada, a alguien que pudiera dirigir aquello, con una división enorme. Él aceptó y puso orden en la casa y creó reglamentos para evitar esa discrecionalidad que se evidenció en las expulsiones”*.

Estas opiniones de dos miembros muy significativos de la institución universitaria ponen de manifiesto el importante papel que jugó el Prof. Arnal no solo en la solución del conflicto, que ya de por sí es un logro trascendente, sino posteriormente durante el ejercicio de su cargo ya plenamente investido como Rector, en la transformación y consolidación de la universidad en una Casa de Estudios prestigiosa.

Para finalizar esta breve semblanza del Dr. Guido Arnal Arroyo cito nuevamente la Revista de los Jesuitas que expresa: *“Sin duda que su personalidad amplia y comprensiva además de pragmática fue el factor más determinante para que la universidad volviera a tomar el rumbo ante las nuevas perspectivas”*. Definitivamente fue un acierto su designación como Rector en aquellos momentos álgidos para la UCAB.

Me siento honrada en ocupar el sillón XII anteriormente ocupado por el Dr. Arnal, quién ha dejado una huella imperecedera en el entorno de la educación superior, en que me desenvuelvo.

Paso ahora a presentar, siguiendo el protocolo de la Academia unas breves reflexiones sobre mi desempeño profesional y sobre el trabajo realizado para mi incorporación a la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat.

Antes que nada debo recordar que mi formación profesional la hice en la Universidad Central de Venezuela, mi querida *Alma Mater*. Mis mejores recuerdos para mis estudios en la Facultad de Ingeniería, donde recibí conocimientos de excelentes profesores, en una época en la que el número de mujeres era muy bajo, a diferencia de la situación actual que se equiparan los representantes de ambos sexos. No obstante, debo reconocer que nunca sentí alguna discriminación por tal motivo. Debo agradecer la excelente formación que recibí en mi facultad. Aún tengo fresco en la memoria los nombres de algunos de mis profesores más estimados. El profesor Bonazzi de Química General, el Profesor Osers de Geometría Descriptiva, el Profesor Roca Vila de Física, el Profesor Kapo de Cinética, el Prof. Leizaola de Termodinámica, el Prof. Martín de Diseño, el Prof. Pereda de Filosofía. Cuanto agradezco la excelente formación recibida a lo largo de mi carrera de parte de ellos y de muchos otros profesores cuyos nombres no vienen a mi memoria.

Al graduarme tuve la oportunidad de ingresar al Departamento de Ingeniería Sanitaria, como se llamaba en esos momentos y perteneciente a la Escuela de Ingeniería Civil. Mi carrera docente y de investigación comenzó a estructurarse con el apoyo de mis colegas departamentales de mayor experiencia. Se fortaleció al alcanzar la Maestría y más tarde con el Doctorado. Mi pertenencia a la instancia docente que con el correr de los años pasó a llamarse Departamento

de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ha marcado mi interés académico en los tópicos vinculados a la Ingeniería Ambiental, área del conocimiento en la que he incursionado desde que ingresé en el Laboratorio de Química Sanitaria y comencé a dar mis primeros pasos en las labores de investigación enmarcadas en la temática de la evaluación ambiental y el control de la contaminación. Recuerdo con especial sentimiento algunos de mis colegas profesores, excelentes docentes, lamentablemente desaparecidos y con los que interactué a lo largo de los años, los profesores Octavio Jelambi, Hector Isava, Joaquín Sievers, Eudoro López, Felipe Rodríguez y María Rincones. Formaron parte de mi evolución y desarrollo de diferentes maneras y aproximaciones. Así mismo debo mencionar a los colegas departamentales más jóvenes, con los cuales aún mantengo estrechos lazos de cooperación y que en la actualidad, en los tiempos álgidos por los cuales pasa nuestra universidad, buscamos fortalecernos para intentar mantener vivo ese sentimiento que es nuestra Facultad de Ingeniería. Se trata de los profesores Rebeca Sánchez, María Virginia Najul, Milagros Lara y Henry Blanco con quienes comparto el empeño por mantener vigente los ideales de la excelencia académica, norte de nuestra Universidad Central de Venezuela y que aspiramos no mueran ante la embestida del poder sobre las universidades autónomas.

Ya son más de 48 años de actividad enfocados en el área del conocimiento que hoy conocemos como Ingeniería Ambiental. La evolución de esta disciplina desde su enfoque tradicional dándole prioridad al abastecimiento de agua potable y la evacuación de los desechos líquidos y sólidos, hasta la situación actual que toma en cuenta la creciente complejidad de las relaciones entre el hombre y su ambiente, también me ha impactado y mi persona ha evolucionado incursionando en la gestión integral del ambiente como área envolvente de las actividades de docencia, investigación y extensión que realizo, incluyendo en esa ecuación lo relativo a la evaluación y gestión de los recursos ambientales y también las tecnologías para el tratamiento de residuos. En la última década mi atención también se ha dirigido al acuciante problema de naturaleza global como es el cambio climático, al formar parte de la Cátedra Libre de Cambio Climático creada por la FI-UCV. En esta aventura he estado acompañada por un grupo interinstitucional de entusiastas profesores: Rafael Lairer, María Teresa Martelo, Mercedes Martelo, Juan Carlos Sánchez, Armando Ramírez, que lamentablemente falleciera y Alicia Villamizar. Hemos formado un equipo apasionado por el tema y adelantado un sinnúmero de actividades incluyendo creación de asignaturas, cursos a comunicadores sociales y estudiantes en Servicio Comunitario, proyectos de sensibilización y capacitación para adaptación al CC de comunidades y liceístas, ponencias, todo dirigido a concienciar sobre el CC y la necesidad de la adaptación.

No puedo dejar de mencionar que en mi larga actividad como docente he tenido la oportunidad de interactuar con un gran número de estudiantes a nivel de Pregrado y de Postgrado y en cursos de Extensión, especialmente en mi Facultad, pero también a través de convenios, en la Universidad de Carabobo, la UNELLEZ, el CIDIAT-ULA y el CENDES-UCV. Mi labor docente me ha permitido estar en contacto con el pensamiento y forma de ver el futuro propio de la juventud, lo cual es una vivencia enriquecedora para cualquier profesor.

Esta experiencia de algo más de 50 años en la formación de recursos humanos ha sido muy valiosa para mí. Encontrarme con antiguos alumnos que recuerdan con aprecio aquellos días es reconfortante. Por ello a pesar de jubilarme oficialmente en 2015, sigo ejerciendo como docente en el programa de Maestría de DISA y espero seguir en esta actividad formadora de recursos humanos en un área tan importante para el país.

Por otra parte, la investigación, bien sea a través de tutorías de Trabajos Especiales de Grado, Trabajos de Grado de Maestría y Tesis Doctorales o en equipos de investigación departamentales o inter-facultades, en diversas áreas conexas con la Ingeniería Ambiental, forma parte significativa de mis actividades académicas y aun en mi condición de jubilada sigo inmersa en ese mundo. Puedo citar, entre otros, a proyectos ejecutados que abordan la caracterización de cuerpos de agua y de líquidos residuales, estadística multivariada aplicada a calidad del agua, cinética de líquidos residuales, digestión aerobia, desnitrificación biológica, gestión integral del ambiente y adaptación al cambio climático.

La búsqueda de soluciones adaptadas a la realidad de nuestro país, del apremiante problema de la polución de los cuerpos de agua, ha sido una constante en la temática abordada por la unidad académica de la que he formado parte. A través de los resultados obtenidos hemos puesto nuestro granito de arena en ahondar en el conocimiento de parámetros de diseño y operación de sistemas de tratamiento biológico ajustados al entorno ambiental venezolano.

De particular interés han sido los proyectos enfocados en la remoción del nutriente nitrógeno, cuya presencia está asociada a la eutrofización de embalses, un problema nacional, y a la potencial incidencia de cianosis en infantes por su presencia en fuentes de abastecimiento. Durante el desarrollo de estas investigaciones compartí con el Dr. Felipe Rodríguez, excelente docente, compañero de andanzas en el devenir universitario, los avatares y los logros por los que atraviesa cualquier proyecto de investigación en la universidad. Formamos un equipo entusiasta por muchos años hasta su prematura desaparición. Los resultados de esta línea de investigación conducen a tener una visión actualizada de la problemática del nitrógeno como contaminante del recurso hídrico y las posibilidades de su eliminación usando la vía biológica.

Para completar este esbozo de mis labores profesionales incluyo mi labor como asesora en el área de la gestión ambiental en sus variadas facetas a organismos como la OPS, el INOS, el MSAS y el MINAMB.

Me queda por mencionar mi participación en el área académico-administrativa de mi Facultad donde he ejercido los cargos de Jefe de Laboratorio de Química Sanitaria, jefe del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental en tres oportunidades, y Directora de la Escuela de Ingeniería Civil, así como miembro electo de los Consejos de Escuela de Ingeniería Civil y del Consejo de la Facultad de Ingeniería en varias oportunidades. Cargos algunos académicos y otros administrativos, pero todos ellos formando parte del complejo entramado que le da soporte a

una Universidad y que siempre asumí con espíritu de cooperación y dando mi mejor aporte institucional.

Me vuelco ahora a mi trabajo de incorporación a la Academia cuyo título es: “*El Recurso Hídrico, su Calidad y su Protección a través de Tecnologías de Tratamiento Biológico de Líquidos Residuales hasta Nivel Terciario*” y donde hago un recorrido sobre la calidad del agua en el contexto del recurso hídrico incluyendo su deterioro por el impacto causado por las actividades antrópicas y la forma como enfrenta la ingeniería ambiental tan acuciante problema. El factor común del trabajo y que le da coherencia es la calidad del agua expuesta desde una visión amplia tomando en cuenta su vinculación con variadas facetas del recurso hídrico.

En este trabajo hago una travesía sobre la concepción básica de la calidad del agua y su relación con muchas de las caras del recurso hídrico como son la sustentabilidad y el desarrollo, la afectación de la salud por las enfermedades de origen hídrico, los efectos del relevante problema del cambio climático y la moderna forma como se debe acometer la gestión del agua enfocándola de manera integral tomando en cuenta los Principios de Dublín.

Presento el fenómeno de la degradación de la calidad de los cuerpos de agua naturales por la contaminación de origen antrópico y la búsqueda de soluciones bien sea desde el punto de vista de la prevención o cuando esta herramienta no sea suficiente usando el enfoque de la remediación, transitando la vía del uso de sistemas de depuración de líquidos residuales.

Se abordan los fundamentos de los sistemas de tratamiento biológicos incluyendo el nivel terciario de remoción del nutriente nitrógeno. Se enfatiza sobre la variante discontinua de los lodos activados conocida como reactores por carga secuencial, cuya particular forma de operación permite (en el reactor) ambientes aerobios y anóxicos en secuencia, consiguiendo así la remoción de nitrógeno tras ocurrir nitrificación y desnitrificación del sustrato.

Se presentan experiencias propias desarrolladas en los últimos 25 años para remover nitrógeno usando la tecnología de los reactores por carga secuencial aplicada a una configuración que combina un reactor de biopelícula y un reactor con carga suspendida.

Tras esta breve introducción al trabajo pasamos a presentar en forma sintética, en aras del tiempo que tenemos disponible, algunas ideas desarrolladas en el mismo.

En la Agenda del Desarrollo Sostenible Post 2015, recientemente aprobada por las Naciones Unidas, ocupa un lugar relevante la relación existente entre el desarrollo sustentable y la disponibilidad de agua en cantidad suficiente, de manera permanente y con calidad que garantice la salud humana y el mantenimiento saludable de los ecosistemas. En la denominada *Carta Encíclica Laudato Si* (2015), también el Papa Francisco hace un llamado a la búsqueda de un desarrollo sostenible e integral y llama la atención al importante rol que tiene el agua para la vida humana y para sustentar los ecosistemas terrestres y acuáticos.

En la citada Agenda, el marco del objetivo dedicado específicamente al agua y saneamiento está diseñado para promover el bienestar humano, la prosperidad económica y la preservación del capital ambiental. Entre las metas incluidas en este objetivo destacan el logro del acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos y la mejora de la calidad del agua a nivel mundial.

Con base a las anteriores consideraciones, sin duda se puede afirmar que el recurso hídrico es uno de los principales factores a tomar en cuenta cuando se piensa en la planificación y el desarrollo social y económico de las naciones. El agua es crucial para el desarrollo sustentable y su presencia en abundancia está asociada a salud pública y desarrollo. Se estima que cuando la disponibilidad del líquido cae por debajo de 3.400 litros/persona.día se imponen reducciones a la producción de alimentos, al progreso económico y la protección de los sistemas naturales y ya en los actuales momentos muchos indicadores nos muestran que el agua se está convirtiendo en un bien escaso a nivel global.

Este recurso finito, cada día está más amenazado por su explotación no sostenible y por la presencia de contaminantes aportados por las aguas residuales originadas por actividades antrópicas de todo tipo. A nivel global se estima que un 80% de los líquidos residuales provenientes de países en desarrollo finalmente son vertidos en forma cruda a los cuerpos de agua receptores. Así mismo la industria descarga en las aguas limpias un estimado de 300-400 millones de toneladas de agua contaminada cada año.

Todo esto nos enfrenta a la paradoja de un recurso indispensable para la vida y el desarrollo de las comunidades pero que al mismo tiempo está amenazado por la contaminación provocada por las actividades de esas mismas comunidades. Una suerte de círculo vicioso. Puede decirse con certeza que existe una estrecha relación entre la cantidad de agua disponible por la población humana y la disminución de su calidad. La cuantía viable del vital líquido está afectada directamente por un descenso en su calidad.

### Calidad del agua

Aunque la abundancia del agua dulce es usualmente la primera aproximación que hacemos ante la necesidad del recurso por las poblaciones humanas, no podemos soslayar un tema tan relevante como es la calidad de la misma, cuestión determinante para efectos de los diferentes usos que los seres humanos hacen del agua y muy importante también, para un funcionamiento adecuado de los ecosistemas acuáticos.

Hablar de la calidad del agua implica un juicio de valor sobre el recurso en función de sus usos, se refiere a su estado tal como lo percibimos objetivamente en términos de la medición de sus componentes. Por ello conocer los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos

característicos de un agua nos acercan a un mejor conocimiento de su calidad y nos proporcionan una base robusta para los fines de realizar una gestión adecuada.

Al estudiar la calidad de las fuentes de agua proveedoras del recurso para las poblaciones humanas se manifiesta el inquietante fenómeno de la eutrofización cultural, considerado globalmente un problema alarmante, y que implica el crecimiento excesivo del fitoplancton y plantas acuáticas en cuerpos de agua con poco movimiento como lagos y reservorios.

Los nutrientes y especialmente el nitrógeno y el fósforo son las principales fuentes causantes del incremento de la productividad primaria y su origen son las escorrentías de tierras con actividad agropecuaria y la descarga de desechos líquidos municipales. El impacto de la eutrofización sobre la calidad del agua es especialmente negativo, pudiéndose llegar a la anoxia provocando la desaparición de muchas especies aerobias del ecosistema acuático. El exceso de fitoplancton reduce el valor del cuerpo de agua y produce conflictos con usos como irrigación, control de inundaciones y recreación, además de bloquear los sistemas de filtración empleados en el suministro de agua potable y conferir malos olores y sabores al agua. Este problema se agrava si se toma en cuenta que algunas cianobacterias pueden liberar neurotoxinas y hepatotoxinas al agua.

Esta alarmante situación se presenta en muchos cuerpos de agua del mundo que prácticamente quedan inutilizados para los servicios ecosistémicos tradicionales. En nuestro país una gran parte del abastecimiento de agua para la población se hace a partir de embalses y en muchos de estos reservorios el problema de la eutrofización ya existe y en ciertos casos a niveles avanzados. Se puede mencionar, a manera de caso emblemático enmarcado en esta situación, el embalse Pao-Cachinche situado en una cuenca afectada por aguas residuales de diverso origen y donde existen granjas avícolas y porcinas y recibe una alta carga de nutrientes. Investigadores nacionales que siguen el comportamiento de este embalse lo han clasificado como hipereutrófico.

Este embalse es la fuente de abastecimiento de la planta potabilizadora Alejo Zuloaga, una de las que abastece a Valencia, y fue diseñada como una planta convencional muy efectiva para trabajar con agua de buena calidad proveniente de reservorios con cuencas protegidas. No es el caso actual, con una fuente de abastecimiento de tan mala calidad que alcanza altos niveles de eutrofización. Los evidentes problemas de calidad del agua potable que sufre Valencia tienen una estrecha relación con esta condición. Está claro que se requiere un tratamiento mucho más agresivo si se quieren alcanzar los estándares previstos para el agua potable.

Este caso es un claro ejemplo de que la protección integral de la cuenca del embalse y sus tributarios principales se puede considerar la primera barrera de defensa de la calidad del agua de una fuente de abastecimiento.

### Recurso hídrico como factor de desarrollo sustentable

En el documento final de la reunión *Río+20*, en 2012, se reconoce que el agua es el corazón del Desarrollo Sustentable. Así mismo, tal como se expresa en el Reporte 2015 del Programa Mundial de Evaluación del Agua (WWAP) los recursos de agua y el rango de servicios que proveen apuntalan las tres dimensiones del desarrollo sustentable: los aspectos sociales, el crecimiento económico y la sustentabilidad ambiental.

El agua en un mundo sustentable, situación a futuro que aspiramos alcanzar, debe ser capaz de soportar el bienestar de la humanidad y al mismo tiempo la integridad de los ecosistemas. Cada habitante del planeta deberá tener agua segura y en cantidades suficientes para cubrir sus necesidades básicas y mantener un estilo de vida saludable incluyendo servicios de saneamiento adecuados. Este es un importante reto que se plantea la humanidad para las próximas décadas y al que se le debe dar una atención privilegiada en todos los países del orbe.

Considerando el punto de vista del ambiente, tercera dimensión del desarrollo sustentable, nos encontramos con el fenómeno de la polución producida por las aguas residuales no tratadas bien sean de origen urbano o industrial, las cuales debilitan la capacidad de los ecosistemas dulceacuícolas para proveer servicios relacionados con el agua. Esta situación conduce con mucha frecuencia al uso insostenible del recurso agua, cuestión que debe procurarse solventar.

#### Relación entre la calidad del recurso hídrico y la salud

Existen amplias evidencias indicando que un agua de pobre calidad puede contribuir a la irrupción de enfermedades englobadas en el término de “origen hídrico”. La Organización Mundial de la Salud estima que en 2008 las enfermedades diarreicas produjeron 2,5 millones de muertes y una parte importante de esta cifra lo constituían niños menores de 5 años.

De particular interés en el manejo de la calidad del agua es la presencia de microorganismos patógenos que transmiten enfermedades de origen hídrico por el consumo directo de aguas contaminadas o por la preparación de alimentos con las mismas. Las normas de calidad para agua potable, en el contexto mundial, exigen ausencia de microorganismos patógenos pero es una verdad preocupante que millones de personas están expuestas a niveles peligrosos de estos contaminantes biológicos así como contaminantes químicos en su agua de beber, provenientes de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas. Este es un problema de salud pública, donde la población puede contraer enfermedades transmitidas a través del agua, sencillamente por el mal manejo de los recursos hídricos, incluyendo el abastecimiento y el saneamiento.

Cuando se trata de las enfermedades de origen hídrico, la mejor forma de enfrentarse al problema es impedir que las fuentes de abastecimiento se contaminen y por tanto es relevante tomar en cuenta el manejo adecuado de las aguas residuales de diferente origen, que incluye producir la menor cantidad posible de tales aguas y si finalmente se producen remediar sus efectos contaminantes.

## El cambio climático y sus efectos sobre el recurso hídrico y su calidad

Este fenómeno de alcances planetarios nos está afectando ya desde principios del siglo XX produciéndose un calentamiento sostenido que alcanzó un promedio de 0,6°C, pero que se ha acelerado desde la década de los 70's.

El incremento de la temperatura influye de diversas maneras sobre el recurso agua. Se producen cambios en el patrón de distribución estacional de las precipitaciones. En algunas regiones pueden reducirse en un 10 a un 30% y por el contrario en otras aumentar la disponibilidad de agua en un 10 a un 40%, donde se incrementan las intensidades de las lluvias con el efecto de crecidas, inundaciones y deslizamientos de tierra. Las inundaciones además de las pérdidas de las viviendas, provocan contaminación biológica y química de los cursos de agua incidiendo en la calidad de las fuentes que normalmente son usadas por las comunidades y lo que podría producir un repunte de enfermedades diarreicas.

Al mismo tiempo se están incrementando las sequías y la magnitud de las mismas en ciertas zonas del planeta, impactando en la producción de alimentos y aumentando los riesgos de enfermedades de transmisión hídrica por la escasez de agua de calidad adecuada.

Desde mediados del siglo pasado se observa la reducción de los glaciares y el manto de nieve en todo el mundo y un sexto de la población del planeta vive en cuencas fluviales alimentadas por glaciares o por el deshielo, incidiendo directamente en las escorrentías de los ríos y disminuyéndolas lo que pone en peligro el abastecimiento de agua en esas regiones.

La elevación del nivel del mar es otro de los efectos observados del cambio climático también relacionado con el recurso hídrico. Este factor incide en el retroceso de la línea de la costa en muchas regiones bajas del mundo y puede provocar intrusión del agua de mar, por la elevación de la cuña salina. Se produce el gravísimo efecto de pérdida de acuíferos incidiendo en reducción de la oferta de agua dulce. Ciudades como Calcuta, Shangai o Dacca empiezan a ver los acuíferos invadidos por agua salobre de origen marino.

Así mismo, el incremento de la temperatura en los ríos y corrientes provoca la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua, impactando negativamente la capacidad de autodepuración de los ríos y la biota acuática, especialmente los peces, que son muy vulnerables a bajas concentraciones de oxígeno.

## Enfoque actual de la gestión del agua

La gestión adecuada de los recursos hídricos es un arma eficaz para enfrentarnos a la cada vez más acusada escasez del agua. Es una forma de solventar la situación resumida en la

expresión tantas veces usada “crisis del agua”, que más que la escasez física del recurso realmente es un problema de mala gestión.

Para cualquier Estado, el fin último de su Política Ambiental es mantener un capital ambiental que sea suficiente para lograr la calidad de vida de sus ciudadanos sin menoscabo de la herencia que se dejará a las generaciones futuras. Los cimientos de esta Política descansan en principios filosóficos, planes rectores, líneas maestras, que le corresponde fijar al Estado para conseguir tan ambicioso objetivo.

Como parte del ambiente, la gestión del recurso hídrico, ocupa un rol fundamental dentro de la política ambiental. El objetivo final de una buena gestión de la calidad del agua es lograr desarrollo económico y social sin dejar de ser sostenible. Debemos reconocer que, actualmente en muchas partes del globo esta premisa no se cumple. Las pautas del desarrollo moderno, con un cúmulo de exigencias por parte de los habitantes sobre el consumo de bienes y servicios, causa que el uso del agua dulce no sea sostenible.

El modo en que las sociedades administran sus recursos hídricos ha ido cambiando a lo largo de los años. Se ha pasado del enfoque llamado de *línea dura*, basado en el manejo de la oferta al enfoque de *línea blanda* basado en la demanda y que responde mucho mejor a los principios rectores de la “nueva cultura” del agua y su gestión integrada. El enfoque de línea dura que es el tradicional se basa en el aumento de la oferta de agua y para ello se construyen obras de infraestructura: embalses de regulación, túneles de trasvase de caudales, canales, plantas de desalación de agua de mar, entre otros, que permitan contar con una oferta mayor y más estable. No se considera la producción de agua natural mediante la conservación y restauración de ecosistemas, es decir no se considera el ciclo hidrológico de manera integral. Las intervenciones “estructurales” dado que brindan servicios, tienden a ser visibles y atractivas desde el punto de vista político, pero al mismo tiempo son de alto costo. Esta aproximación es el enfoque más utilizado por los gobiernos y la banca multilateral de desarrollo, hasta épocas recientes. Es insostenible en el tiempo y produce impactos ambientales muy fuertes.

El enfoque de línea blanda, en cambio, se basa en el manejo de la demanda. Contempla medidas institucionales que buscan la sostenibilidad a partir de racionalizar los usos y consumos y tiene como objetivo la conservación de la oferta de agua y su uso más eficiente apoyándose en el empleo de tecnologías más eficientes y cambios de actitud y comportamiento de los usuarios con respecto a la valoración del agua como un recurso finito, estimulando el ahorro y conservación del agua. Se le da consideración especial al ciclo hidrológico con una visión integral del recurso desde su generación, hasta su tratamiento final y reutilización. Se considera al recurso hídrico como un servicio ambiental y se apoya en instrumentos como: gestión preventiva, utilización más racional del recurso mediante tecnologías ahorradoras de agua como pueden ser el riego por goteo y la reutilización y se caracteriza por ser de bajo costo y tener impactos ambientales menores que los que implica la línea dura.

Hoy en día, el abordaje de la planificación y administración del recurso hídrico incluye elementos de las dos aproximaciones y es deseable que la gestión sea una combinación de ambos enfoques, el de línea dura y el de línea blanda. Se sabe que las soluciones de ingeniería no resuelven por sí solas los problemas hídricos, no obstante, no se puede ignorar que son cruciales y forman una parte integral de cualquier plan futuro. Incluso, en el caso de las regiones más pobres del mundo, para poder progresar deben desarrollar una infraestructura hídrica, que actualmente no tienen. Se pueden utilizar los llamados instrumentos institucionales “blandos” para complementar las soluciones “duras”, como es el caso de tecnologías más eficientes y muy importante dentro de este panorama, la generación de una cultura de la conservación y reutilización del recurso.

Cuando tratamos de la gestión del agua debemos referirnos a la llamada gestión integrada del recurso hídrico (GIRH), la cual sirve de marco para las directrices vigentes en los programas de las Naciones Unidas tendientes a mejorar la calidad del agua. Este enfoque es muy aceptado hoy en día por la mayoría de los países y ha sido incorporado en las leyes sobre el agua en un importante número de ellos, incluido el nuestro. Tal visión busca solucionar la ineficacia y uso no coordinado de los recursos hídricos y refleja la naturaleza holística del ciclo hidrológico. El concepto está basado en la idea de la interdependencia entre los diferentes usos del agua, reconociendo que un tipo de uso puede afectar a los demás. Implica admitir que fuentes de agua aparentemente distintas como ríos, lagos y aguas subterráneas, están vinculadas entre sí a través del ciclo del agua y que todos los sectores implicados, desde los responsables a nivel gubernamental hasta los usuarios finales del agua, sean urbanos y rurales, sector agropecuario o sector industrial, deben incluirse en los planes de manejo que implemente el Estado para la consecución del bien común.

Es importante reconocer, que hasta que se alcance este enfoque holístico, comprensivo y multidisciplinario de la GIRH, durante años los técnicos, ingenieros y científicos ambientales han hecho grandes esfuerzos para resolver muchos de los conflictos que plantea la mala gestión del agua, incluyendo un aspecto tan relevante como el efecto de la contaminación sobre el deterioro de la calidad de los cuerpos de agua naturales. Por ello, a continuación se presentan algunos planteamientos relacionados con la polución del agua y de que forma la ingeniería ambiental ayuda a solventar esta problemática.

#### Impacto de los líquidos residuales sobre el recurso hídrico

Las aguas superficiales, en principio, deberían tener niveles de calidad tal que permitan la existencia de ecosistemas acuáticos saludables que puedan soportar la biodiversidad que le corresponda por su situación geográfica.

Debe reconocerse, sin embargo, que el vertido de aguas residuales crudas de origen doméstico e industrial en los cuerpos de agua receptores provoca su contaminación. Estos líquidos

residuales contienen compuestos químicos orgánicos, nutrientes, metales pesados, organismos patógenos y material en suspensión.

La presencia de patógenos asociados a vertidos domésticos y de químicos sintéticos usados en la industria, en la agricultura y en nuestra vida diaria, la eutrofización de aguas superficiales, la nitrificación de aguas subterráneas, la acidificación de cuerpos de agua por efecto de las lluvias ácidas, son ejemplos de los numerosos efectos negativos impuestos a las características del agua natural y la salud e integridad de los ecosistemas acuáticos. Todos tienen un efecto profundo sobre la calidad del agua a nivel global y quedan incluidos en lo que genéricamente llamamos contaminación del agua.

Este fenómeno repercute adversamente sobre el agua disponible para las poblaciones. La realidad actual, a nivel mundial, es un planeta con una creciente crisis de agua donde actualmente existen 768 millones de personas en el mundo sin agua potable, según datos de las Naciones Unidas y donde se plantea como escenario para el año 2050 que al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua. Ante un panorama tan adverso es urgente acometer medidas para disminuir el impacto negativo de los líquidos residuales sobre las aguas naturales.

#### Sistemas de tratamiento de las aguas residuales

En el caso de los vertidos de efluentes urbanos la mayor preocupación lo constituye el agotamiento de oxígeno junto con la presencia de sólidos suspendidos y organismos patógenos. Los tratamientos tradicionales de aguas residuales incluyendo operaciones físicas y procesos bioquímicos se enfocaron a resolver la presencia de estos constituyentes. Por otra parte, los vertidos líquidos industriales contienen metales y compuestos orgánicos recalcitrantes que demandan otras alternativas de tratamiento de naturaleza física o química. En este trabajo nos enfocamos en particular a la problemática de las aguas residuales de origen municipal.

El manejo de los líquidos residuales se enfoca bajo dos perspectivas: las acciones preventivas que serán siempre más efectivas al minimizar la producción de tales líquidos en la fuente, antes de tener la posibilidad de contaminar y cuando se haya agotado esta vía nos abocamos a la estrategia de los sistemas de control o remediación, también llamados sistemas de tratamiento. La cultura preventiva no ha permeado lo suficiente a escala global y por lo tanto los tratamientos siguen ocupando un lugar importante en la estrategia de protección de los sistemas acuáticos y a ellos nos referimos a continuación.

Históricamente los sistemas de tratamiento se han diseñado para remover materia orgánica biodegradable porque el efecto deletéreo más preocupante de los líquidos residuales municipales era el agotamiento de oxígeno, causado por la respiración de las bacterias que usaban como sustrato tales compuestos orgánicos. Adicionalmente, destacamos que entre los contaminantes típicos conseguidos en un líquido residual está un componente inorgánico como el nitrógeno

amoniacal que también agota el oxígeno de los cuerpos de agua, por la respiración de las bacterias que lo llevan a la forma más oxidada de nitrato, en una secuencia de reacciones conocidas como nitrificación.

El sistema acuático debe contar, entonces, con cantidades ingentes de oxígeno disuelto que respondan a esta exigencia o se enfrenta a la posibilidad de llegar a condiciones anaerobias con las connotaciones negativas, para el ecosistema acuático, que tal situación conlleva. Por ello, para sobreponerse a esta demanda adicional de oxígeno y también por la toxicidad del nitrógeno amoniacal a la biota acuática, hoy en día el diseño de los sistemas de tratamiento de líquidos residuales incluye una etapa aerobia nitrificante encargada de la tarea de oxidarlo hasta la forma de nitrato, evitando así el consumo de oxígeno posterior en los receptores acuáticos.

Pero ahora estamos enfrentados a un nuevo problema, la presencia de cantidades apreciables de nitrato, al fin y al cabo un nutriente, capaz de producir eutrofización. Por otra parte, el incremento a nivel mundial, de la reutilización y aprovechamiento de las aguas residuales también exige bajos contenidos de nitratos en estas aguas que potencialmente pudieran lixiviar a las aguas subterráneas e incidir en enfermedades como la metahemoglobinemia infantil.

Esta nueva situación obligó a los gobiernos a establecer normativas más estrictas sobre el contenido de nitratos en efluentes de plantas de depuración, promoviendo el diseño de nuevas alternativas de tratamiento que lo removieran. Actualmente la gran mayoría de los diseños de plantas de tratamiento de líquidos residuales incorporan procesos de nitrificación-desnitrificación que garantizan la remoción del nitrato a límites aceptables por las normativas de la mayoría de los países.

Precisamente una de las líneas de investigación departamental desarrolladas en las últimas décadas y donde participé activamente se refiere a los procesos de nitrificación-desnitrificación para conseguir efluentes que cumplan esos requisitos normativos.

Estos procesos se pueden catalogar como procesos biológicos porque descansan en la actividad metabólica desarrollada por bacterias al utilizar como sustrato la materia orgánica biodegradable y otros materiales como nutrientes. Los tratamientos biológicos son ampliamente utilizados en el caso de residuales de origen doméstico por ser menos costosos. Generalmente son precedidos por alguna operación unitaria donde predomina la aplicación de fuerzas físicas y que se suele llamar tratamiento primario dentro del sistema. El proceso biológico enfocado a la remoción de la materia orgánica constituye el tratamiento denominado secundario y cuando además se remueve algún nutriente, ese paso se llama tratamiento terciario o también conocido como avanzado.

Existe una amplia variedad de procesos de tratamiento biológico. Según el ambiente en que se desarrollan los microorganismos pueden ser aerobios, anaerobios y anóxicos. Atendiendo al tipo de crecimiento que desarrollan los microorganismos pueden ser de crecimiento suspendido

o de biopelícula, también conocido como crecimiento adherido. Las combinaciones posibles de estos procesos originan una diversidad grande de sistemas. En este trabajo nos enfocamos sobre una de las múltiples modalidades del popular sistema de lodos activados. Esta variante, que apareció a finales de la década de los 60's, la denominamos "Reactor por Carga Secuencial", trabaja en forma discontinua y por su particular forma de operación permite fases aerobias, anaerobias y anóxicas usando el mismo reactor. EL RCS comparte con el sistema de lodos activados, del que se derivó, el uso de un cultivo flocculento de microorganismos de crecimiento suspendido presentes en el biorreactor y denominado el licor mezclado y el empleo del reciclo de biomasa al reactor, después de sedimentada.

Hasta mediados de los 80's la tecnología de procesos periódicos se aplicó casi exclusivamente a variantes del sistema de lodos activados, pero a partir de esos años también se le dio atención a sistemas con crecimiento adherido o de biopelícula operados discontinuamente.

#### Experiencias propias desarrolladas en los últimos 25 años en el ámbito de tratamiento usando RCS para remoción de nitrógeno

Una de las líneas de investigación adelantadas en Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y que ha marcado mi interés académico recae en el área de los sistemas de tratamiento. En ella se incluye la experimentación con líquidos residuales representativos de nuestra realidad y la profundización de los factores y parámetros que afectan la remoción de nitrógeno, parámetro de calidad poco atendido en nuestro entorno, pero cuya eliminación es un requerimiento cada vez más imperativo.

Se trabajó con líquidos residuales que simulaban la concentración típica de los producidos en el país, calificados como "débiles", es decir de concentración baja o diluida y con características que no siguen el patrón típico de otros países, y al mismo tiempo se trató de obtener una mejor comprensión de los bioprocesos de nitrificación y desnitrificación, utilizando biorreactores de crecimiento adherido y suspendido –en forma independiente y combinados- operados por carga y secuencialmente.

Las experiencias que se presentan usaron una novel configuración que denominamos *sistema combinado* que incluye un reactor de crecimiento adherido (lecho biopercolador) para *nitrificar* y un reactor de crecimiento suspendido para desnitrificar. El sistema opera bajo la modalidad de los reactores por carga secuencial

La operación del sistema combinado fue optimizada a partir de los resultados obtenidos desde 1990 en proyectos de investigación desarrollados en la modalidad de Trabajos Especiales de Grado bajo mi co-tutoría y que formaban parte de la línea de investigación enfocada al uso de reactores por carga secuencial. Estos proyectos permitieron evaluar factores y problemas que afectan la tasa de nitrificación en un reactor de biopelícula, la tasa de remoción de carbono y

desnitrificación en un reactor de crecimiento suspendido y las características de sedimentabilidad del lodo producido en este último reactor.

Se adquirió experiencia, en forma independiente, con los reactores de biopelícula y de crecimiento suspendido operando bajo la modalidad de un reactor por carga secuencial. Para el primer tipo de reactor se estudiaron los tiempos de las diferentes etapas que conforman el ciclo de operación para la nitrificación, los factores que afectan la tasa de nitrificación, la eficiencia del proceso y el comportamiento hidráulico del lecho. Para el segundo tipo de reactor se trabajó en principio con un único reactor que sirvió de punto de partida para investigar el comportamiento de los RCS, incluyendo en su operación con un ciclo de 24 horas, una etapa aerobia para remover materia carbonosa y una etapa anóxica para desnitrificar. Posteriormente se trabajó con tres (3) reactores en paralelo para determinar el efecto del tiempo de aireación sobre la desnitrificación biológica y la sedimentabilidad del lodo biológico activo, operados de manera de promover el almacenamiento de carbono y la subsecuente desnitrificación endógena, evitando la necesidad de añadir una fuente de carbono exógena. Se siguió experimentando con tres (3) reactores en paralelo usando una carga shock y buscando conocer el efecto de tal sobre-carga orgánica en el comportamiento de la desnitrificación y la interpretación de aspectos relacionados con la tasa de la reacción y la sedimentabilidad del lodo biológico.

La experiencia acumulada con estos trabajos previos permitió diseñar un proyecto de investigación más ambicioso constituido, por un sistema combinado que incluía la utilización de dos reactores acoplados en serie. En primer lugar un reactor de biopelícula (RCSB) operado por cargas y secuencialmente con los objetivos de degradar de la materia orgánica y alcanzar la nitrificación y cuyo efluente servía de alimentación a un segundo reactor, de crecimiento suspendido (RCS) y también operando por cargas y secuencialmente y donde se llevaba a cabo la desnitrificación culminando con un efluente con una concentración baja de nitrato.

Con base a la experiencia adquirida en los trabajos de investigación previos descritos, el ciclo de operación se optimizó a seis (6) horas y el volumen de agua residual utilizado como afluente del sistema a seis (6) litros/ciclo. Cada ciclo estuvo constituido por dos subciclos; el primero llevado a cabo en el RCSB (nitrificación) y el segundo, realizado en el RCS (desnitrificación). Cada fase de operación de los dos subciclos estuvo conformada por las operaciones típicas de los reactores secuenciales: llenado, reacción, sedimentación, descarga y período muerto opcional.

Como fuente de carbono, necesaria para la fase de desnitrificación, se usó una fracción volumétrica ( $\alpha$ ) del agua residual cruda que conjuntamente con el efluente nitrificado proveniente del RCSB alimentó al RCS. El RCSB inicia en forma independiente un nuevo ciclo de nitrificación al terminar de alimentar con su efluente al RCS. De la misma forma el RCS, una vez completadas sus operaciones, inicia un nuevo subciclo.

La ejecución de las experiencias con cada una de las fracciones suplementarias de carbono (fracciones  $\alpha$ ) seleccionadas, permiten conocer el comportamiento global del sistema combinado

para remover nitrógeno y también el comportamiento en forma individual del RCSB para efectos de nitrificación y remoción de la materia orgánica y del RCS para efectos de la desnitrificación.

Como un aporte importante de estas experiencias se puede afirmar que la configuración propuesta, de un RCSB acoplado con un RCS, es promisoría para remover nitrógeno de aguas residuales de composición débil como las de nuestro país, al conseguirse en el efluente del sistema, concentraciones de  $\text{NO}_3\text{-N}$  (entre 0,06 y 3,92 mg-N/L) y nitrógeno total-N (entre 10,9 y 21,6 mg-N/L), valores todos que cumplen ampliamente la regulación nacional para efluentes.

En lo referente a la remoción de materia carbonosa, que también es un objetivo del tratamiento y es removida al mismo tiempo que se llevan a cabo los procesos de nitrificación y desnitrificación, se observó que la DQO efluente del sistema cumple con creces la regulación nacional para cualquiera de los casos ensayados.

También fueron evaluados los lodos producidos en el reactor por carga en suspensión (RCS) durante la fase de reacción del subciclo de desnitrificación, referidos como los sólidos suspendidos del licor mezclado (SSLM) y que deben removerse en la fase de sedimentación para alcanzar un efluente clarificado. La conducta de sedimentación de estos lodos fue evaluada a partir de los parámetros convencionales: Índice Volumétrico de los Lodos (IVL), velocidad de sedimentación de la interfase ( $r_s$ ) y tiempo crítico ( $t_c$ ). Las características de los lodos producidos en el RCS y medidas con el IVL, indican una conducta de sedimentación y compactación entre buena y excelente dependiendo de la fracción suplementaria de carbón ensayada. Las tasas de sedimentación alcanzaron valores que pueden considerarse altos, cuestión altamente apreciada, al indicar que los lodos sedimentarán en un tiempo corto al disminuir el requerimiento de tiempo para esta fase de la secuencia operacional. Puede considerarse que los RCS operados en condiciones anóxicas -para promover la desnitrificación- producen lodos con características de sedimentación y compactación excelentes.

Como conclusión final podemos resumir que la línea de investigación enfocada en la remoción del nutriente nitrógeno mediante el uso de reactores por carga secuenciales, ha producido un cúmulo de resultados auspiciosos que son especialmente aplicables a efluentes cuyas descargas sean discontinuas. Se profundizó en el conocimiento de parámetros de diseño y operación adaptados a la realidad ambiental venezolana. Los resultados conducen a tener una visión actualizada de la problemática del nutriente nitrógeno como contaminante del recurso hídrico y las posibilidades de su eliminación usando la vía biológica y en particular la tecnología emergente de los reactores por carga secuenciales.

Para finalizar estas palabras quiero expresar lo siguiente a mi entorno familiar que desde distintos puntos de vista han sido un aliciente para mi desarrollo profesional a lo largo de mi vida. Para mi amado esposo Antonio, que siempre me alentó cuando busqué cotas más altas en mi desarrollo académico y soportó pacientemente el tiempo que le dediqué a esas aventuras, vaya

mi gratitud. Para mis amados hijos: Antonio, prematuramente desaparecido, Sandra mi primogénita, Alberto el más pequeño, que como tantos otros está fuera del país y no me acompaña hoy y mis nietos: Daniel, Alicia, Alejandro y Pablo, también en otras latitudes, gracias por haber llenado de alegría mi vida. No puedo dejar de mencionar a mi querido yerno Renato y mi querida nuera Adriana quienes acompañan en su travesía vital a Sandra y Alberto, y han pasado a formar una importante parte de mi vida.

Para todos los presentes:

Muchas gracias por su atención y por acompañarme en un día tan señalado.

## 2

### **DISCURSO DE BIENVENIDA POR EL ACADÉMICO ALFREDO VILORIA**

Distinguidos Miembros de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat y de otras Academias Nacionales presentes.

Distinguidos Miembros de las Comisiones Técnicas de la Academia de la Ingeniería y el Hábitat.

Docentes de nuestras Universidades Nacionales.

Familiares de la Dra. Griselda Ferrara de Giner,.

Señoras y Señores.

La Junta de Individuos de Número de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Reunión JIN No. 234 (12/09/17) 234.6., comunico a los Académicos Manuel Torres Parra. (Sillón III), Eduardo Buroz Castillo. (Sillón XVII) y Alfredo Viloria V. (Sillón XXIII), nuestra designación como miembros del jurado del trabajo titulado , **El Recurso Hídrico, su Calidad y su Protección a través de Tecnologías de Tratamiento Biológico de Líquidos Residuales hasta Nivel Terciario: Remoción de Nitrógeno**, como requisito parcial, para optar a su incorporación como Individuo de Número, Sillón XII.

Posteriormente, se me ha conferido el honor de realizar el discurso de bienvenida de la **Dra. Griselda Ferrara de Giner**, y el Académico Manuel Torres Parra ha tenido la gentileza de pronunciar estas palabras de bienvenida, en este acto solemne de incorporación, de la Dra. Ferrara.

**Trayectoria profesional.**

El desempeño de la Dra. Griselda Ferrara en sus actividades profesionales, muestran una fuerte vinculación con la preservación y conservación del ambiente. , donde se distinguen las siguientes evidencias:

- Ingeniero Químico. 1966, Universidad Central de Venezuela con estudios de postgrados en la misma Universidad, obteniendo su maestría en Ingeniería Sanitaria en 1973 y el Doctorado Individualizado en Ciencias de la Ingeniería en el 2008
- Ha ejercido actividades de docencia en diferentes Universidades Nacionales, entre las cuales se encuentran: Universidad Central de Venezuela, donde ha dictado las materias de pregrado: Química Sanitaria (Opción Ing. Sanitaria). Laboratorio de Aguas. Química Aplicada. Contaminación Atmosférica. Cambio Climático, Desarrollo y Ambiente en un mundo cambiante. Asignatura dada en forma colegiada por la Cátedra Libre de Cambio Climático
- Universidad Carabobo, convenio con la Universidad Central de Venezuela, dictando las materias de pregrado relacionadas con: Contaminación. Química Sanitaria. Tratamiento de Aguas, y Laboratorio de Calidad Ambiental.
- A nivel de postgrado, ha dictado cursos, dentro de diferentes programas en; Ingeniería Sanitaria, Gerencia Ambiental, Gestión de Recursos Naturales, Derecho Ambiental, Manejo de los Recursos Agua y Suelo en; UNELLEZ, IUPFAN, CENDES; UCV
- Ha dictado más de 30 cursos de extensión universitaria y dirigido 27 trabajos especiales de grado y tesis doctorales.
- Autora y coautora de más de 100 trabajos en revistas técnicas especializadas y presentación en congresos nacionales e internacionales en su área de competencia.

Ha sido distinguida con los siguientes reconocimientos:

- Premio Medalla de Oro AIDIS (**Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**). Otorgado al mejor Trabajo Libre Individual. “Hacia una Clasificación de los Ríos Venezolanos no Contaminados”. 1986., Guatemala
- Botón de Oro AIDIS. 1990
- Orden José María Vargas en su 3° Clase (medalla). 2008.
- Orden José María Vargas en su 1° clase (corbata). 2014

#### **Acerca del Trabajo de Ingreso a la Academia.**

El documento en cuestión, nos brinda un recorrido sobre la calidad del recurso hídrico, con especial énfasis a su deterioro, por el impacto causado por las actividades antrópicas y la forma como enfrenta la ingeniería ambiental, la mitigación de tan acuciante problema.

En su trabajo, aborda la concepción básica de la calidad del agua y su relación con la humanidad, haciendo mención a la sustentabilidad y desarrollo armónico con el ambiente, de este recurso. Así como el manejo inadecuado de este recurso, incide en la salud pública, cambio climático.

La manera moderna como se debe acometer la gestión del agua se encuadra en los principios de Dublín, (declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible CNDH <http://web.cndh.org.mx/derechoagua/archivos/contenido/CPEUM/E1.pdf>), los cuales rezan;

### **Principio No. 1**

*El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente*

*Dado que el agua es indispensable para la vida, la gestión eficaz de los recursos hídricos requiere un enfoque integrado que concilie el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas naturales. La gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero.*

### **Principio No. 2.**

*El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.*

*El planteamiento basado en la participación implica que los responsables de las políticas y el público en general cobren mayor conciencia de la importancia del agua. Este planteamiento entraña que las decisiones habrán de adoptarse al nivel más elemental apropiado, con la realización de consultas públicas y la participación de los usuarios en la planificación y ejecución de los proyectos **sobre el agua.***

### **Principio No. 3**

*La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua*

*Este papel primordial de la mujer como proveedora y consumidora de agua y conservadora del medio ambiente viviente rara vez se ha reflejado en disposiciones institucionales para el aprovechamiento y la gestión de los recursos hídricos. La aceptación y ejecución de este principio exige políticas efectivas que aborden las necesidades de la mujer y la preparen y doten de la capacidad de participar, en todos los niveles, en programas de recursos hídricos, incluida la adopción de decisiones y la ejecución, por los medios que ellas determinen.*

### **Principio No. 4**

*El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico*

*En virtud de este principio, es esencial reconocer ante todo el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso a un agua pura y al saneamiento por un precio asequible.*

*La ignorancia, en el pasado, del valor económico del agua ha conducido al derroche y a la utilización de este recurso con efectos perjudiciales para el medio ambiente. La gestión del agua, en su condición de bien económico, es un medio importante de conseguir un aprovechamiento eficaz y equitativo y de favorecer la conservación y protección de los recursos hídricos.*

En su trabajo de ingreso, nos invita a la búsqueda permanente de los mecanismos de prevención, mitigación y remediación de los fenómenos de degradación de la calidad de los cuerpos de agua naturales por la contaminación de origen antrópico. Razones estas que avalan la calidad del trabajo

En una serie de capítulos excelentemente concatenados, la autora, nos muestra la pertinencia de su trabajo, donde contempla el preocupante fenómeno de la eutrofización y algunos casos emblemáticos que ocurren en Venezuela. Así mismo, reflexiona acerca del desarrollo sustentable de los recursos hídricos, y nos ofrece una serie de indicadores, relacionados con la eficiencia de estos recursos en procesos productivos

En el estudio efectuado por la ***Asociación Mundial del Agua***, se propone una nueva visión, en la planificación y administración del agua y de las cuencas hídricas.

Se enuncia que: el desarrollo de recurso agua, no tolera acciones aisladas. La legislación de agua evoluciona rápidamente hacia una planificación integrada para satisfacer objetivos ambientales, requerimientos económicos y preocupaciones sociales.

La Dra. Ferrara plantea la estrecha relación existente entre la calidad del recurso hídrico y la salud pública. Del informe de la UNESCO, (***Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015***), se extraen las siguientes acotaciones:

*Todavía queda mucho por hacer—748 millones de personas no disfrutan de una buena fuente de agua potable y 2.500 millones no gozan de buenas instalaciones de saneamiento  
Mil millones de personas hacen sus necesidades al aire libre.). Se estima que 1.800 millones de personas utilizan una fuente de agua potable contaminada con bacterias fecales*

Así mismo, en su trabajo considera, el impacto de los líquidos residuales, tanto de origen doméstico como industrial, sobre el recurso hídrico y como enfrentó la humanidad la contaminación de las aguas, para luego proponer los tratamientos que permitan mitigar el impacto de las aguas residuales.

Extiende su estudio, encarando los principales sistemas de tratamiento biológico y en particular la variante discontinua de los lodos activados denominada reactores por carga secuencial (RCS), también son discutidas en su trabajo de investigación,

Y finalmente, se presentan respectivamente la discusión de experiencias y lecciones aprendidas en remoción del nutriente nitrógeno en el ámbito de los RCS

EL concepto del agua virtual, es introducido en su trabajo, donde considera:

- *Al Agua Virtual, dentro del concepto, desarrollado en la década de los 90's cuando se señalaba la importación del agua como solución a los problemas de escasez en Oriente Medio (Hoesktra & Chapagain, 2007).*

- *El novedoso concepto de agua virtual, facilitó el análisis de los flujos comerciales en términos de agua. Si un país exporta un producto que exige mucha agua virtual para su producción, sería equivalente a que estuviera exportando agua, ya que así el país importador no necesita usar la propia para obtener ese producto y podría utilizar sus recursos hídricos para otros fines. Importar agua virtual facilita la vida a los países escasos en recursos hídricos.*
- *El agua virtual es un indicador de requerimiento de agua para la producción de bienes y servicios (agrícola, alimentario, industrial) y el contenido de agua virtual de un producto es el volumen de agua utilizado para producirlo en el sitio donde se produjo. Es un instrumento de la política de oferta de agua.*

En el caso de Venezuela, donde las mayoría de nuestras reservas de petróleo, están asociadas a yacimientos de crudos pesados y extrapesados, cuyo factor de recobro por inyección de diluentes (producción en frío) es del orden del 5 %, del petróleo original en sitio (POES), Y para el aumento de dicho factor a valores del 20 %, se requiere aplicar métodos térmicos de recobro adicional, donde los procesos de inyección alternada, continua y gravitacional de vapor de agua, son los método comúnmente utilizados.

El consumo de agua por Btu producidos en la explotación de estos crudos se encuentran en el orden de *40 a 90 Galones de Agua/ MM Btu producido*, dependiendo este valor del método de recobro adicional aplicado al yacimiento.

Dentro del concepto del agua virtual, anteriormente expresado, se debe considerar que: *Si un país exporta un producto que exige mucha agua virtual para su producción sería equivalente a que estuviera exportando agua, conjuntamente con los barriles de petróleo, destinados a los mercados de exportación*

Así mismo, la explotación de fuentes no convencionales de petróleo y gas, en mantos de lutitas, demandan la inyección altos volúmenes de agua, a altas presiones (promover la fractura las capas de lutitas, donde se encuentran entrapados los hidrocarburos. Asociado a este proceso se encuentran riesgos inherentes, a la contaminación de acuíferos subterráneos, aledaños a los yacimientos sometidos al fracking.

Entre las oportunidades y utilidad del trabajo, existen una serie de sugerencias, de naturaleza técnica y ambiente, que intentan reforzar los retos, que nos plantea la a gerencia del agua. Entre ellas se encuentran:

- *A pesar de que se han hecho avances significativos en la incorporación de las herramientas y técnicas preventivas, como primera opción de lucha contra la contaminación del agua, estamos conscientes que aún falta bastante camino por recorrer, en este sentido y por ende aún persiste la producción de cantidades ingentes de aguas residuales a escala mundial.*
- *Las soluciones ingenieriles tales como, los sistemas de depuración de los vertederos, representan una de las vías a las que indefectiblemente son necesarias, para adecuar la carga contaminante, a niveles aceptables por los cuerpos de agua dulce.*
- *Sin perder de vista, por lo demás, que en la problemática de la contaminación del agua, actualmente*

*es imprescindible tomar en cuenta un inconveniente, que anteriormente no se atacaba con mucho interés, y es la presencia de nitrógeno en los efluentes de las plantas de tratamiento biológico convencionales.*

- *La eliminación de este nutriente debe considerarse hoy en día como parte integral de cualquier sistema de depuración de líquidos residuales, por la toxicidad de los nitratos y su relación con el aprovechamiento y reutilización de estos tipos de aguas.*

### **Utilidad para la promoción de la pertinencia y utilidad de las ciencias de la ingeniería.**

Diferentes son las iniciativas asociadas a los esfuerzos, que se llevan a cabo en las ciencias de la ingeniería, para abordar los retos técnicos y económicos en la gerencia del agua y los recursos hídricos. Entre ellas se encuentran:

- ***Energías alternativas y el tratamiento del agua.***

*Arabia Saudí quiere comenzar a utilizar la energía solar de una manera intensiva. Muestra de ello es el contrato que ha firmado con la empresa la andaluza Abengoa.*

*La empresa española ha sido seleccionada para desarrollar en Arabia Saudí de forma conjunta con Aramco, la primera planta desaladora del mundo a gran escala y que operará a partir de energía solar, un proyecto valorado en unos 130 millones de dólares (112,3 millones de euros al cambio actual),*

#### ***Biotechnología en el tratamiento de aguas.***

*La biotecnología es una tecnología ecológica ya establecida que tiene infinidad de aplicaciones, y que ya desempeña en la actualidad un papel esencial en la tarea de resolver varios problemas de contaminación.*

*El futuro promete aún más. Para el tratamiento del agua, se están perfeccionando nuevos métodos de biotecnología que eliminarán los compuestos de: fosforo, nitrógeno y azufre.*

*El bioprocesamiento se está extendiendo a varios procesos industriales, entre ellos los de varias industrias petroquímicas químicas. En fin, la biotecnología se utiliza cada vez más como la tecnología ecológica más idónea para varios usos, en particular la descontaminación.*

### **Hoja de ruta tecnológica para la gerencia del agua.**

Estudios recientes relacionados con la hoja de ruta tecnológica para la gerencia del manejo del agua (One Water Roadmap: The Sustainable Management of Life's Most Essential Resource, US Water Alliance), identifica seis áreas de acción, que merecen especial interés para el uso eficiente de los recursos hídricos. Estos son;

*Servicios públicos de agua confiable y sustentable.*

*Ciudades prósperas.*

*Agricultura sostenible.*

*Sectores industriales competitivos*

*Inclusión social y económica.*

*Salud pública*

Cada una de estas áreas requiere de esfuerzos de las ciencias de la ingeniería y el Hábitat, que deben ser enfrentados de una manera holística por las diferentes especialidades de la ingeniería

Las estrategias entre cada una de ellas consideran su carácter interdependientes y el enfoque central es de **One Water**, lo que implica soluciones complejas y entrelazadas con muchos actores en todas las jurisdicciones tales como: Estado, Gobiernos Regionales y Municipales, Universidades y Empresas entre otros

### **Agua y salud pública. Venezuela.**

Los aspectos de salud pública, relacionados con los recursos hídricos, han sido considerados en diversos estudios que se encuentran, en la literatura publica disponible. A continuación se citan algunos de ellos.

En el informe titulado Situación de los Recursos Hídricos en Venezuela. (Zoyla Martínez), se presenta un análisis de las aguas negras en zonas rúales y urbanas, donde destaca:

- En cuanto al sistema de eliminación de excretas, en el 2000 el 66 por ciento de la población nacional poseía servicios de disposición adecuada de aguas servidas. EL porcentaje que llegó al 71,2 por ciento en el 2003, mientras el 17,4 por ciento tenía pocetas o pozos sépticos, 8 por ciento no tenía pocetas ni excusado y 3,4 por ciento excusado de hoyo o letrina. Una vez más el déficit se concentra en las zonas rurales, indígenas y urbanas no consolidadas.
- Existe un déficit de servicio para el tratamiento de las aguas servidas, situación esta que ha sido objeto de grandes inversiones pero que aun no superan el 20 por ciento de las aguas servidas que se producen a nivel nacional. La inversión pública anual en el sector no supera el 0,2 por ciento del PIB.

El proyecto de saneamiento del Guaire y en sus primeras etapas de visualización, obtuvo el visto bueno, del Banco Interamericano de Desarrollo. En dicho proyecto se consideraba que:

- Desde su fundación en 1567 con el nombre de Santiago de León de Caracas, la capital de Venezuela se ha ido extendiendo en dirección este-oeste a lo largo de un valle que atraviesa el río Guaire, por lo que esta vía fluvial se ha convertido en el sistema natural de drenaje de la ciudad.
- Desafortunadamente, a medida que la población de la zona metropolitana ha ido aumentando a través de los siglos hasta alcanzar los 4.2 millones de habitantes que tiene actualmente, el río Guaire ha pasado a ser el principal colector de sustancias tóxicas y aguas residuales sin depurar del área metropolitana.
- Hoy en día el río representa un enorme desafío sanitario y ambiental para Caracas, pues únicamente el 12% de las aguas residuales de la ciudad reciben tratamiento. Con el apoyo del BID, Caracas está realizando un esfuerzo para depurar el río
- El saneamiento del río se llevará a cabo en varias etapas. En las subcuencas de la

cabecera hidrográfica del Guaire, situadas en la zona occidental de la ciudad, habita la población más vulnerable. Estas serán las primeras zonas que se beneficiarán del proyecto, pues cuentan con una infraestructura de agua y saneamiento mínima y aportan los mayores volúmenes de aguas residuales sin depurar.

Sin embargo a la fecha de hoy, este proyecto no ha sido llevado a cabo y es poca la información disponible del posible avance del mismo.

El BID apoya la realización de obras en 12 subcuencas del río Guaire, que habrán de captar, conducir, separar y eliminar las aguas servidas.

Igualmente respalda iniciativas socio-ambientales encaminadas a evitar y reducir la vulnerabilidad de los núcleos de población circundantes, a posibles inundaciones y derrumbes, así como a introducir mejoras en la gestión de la calidad del agua.

Ya para finalizar, el jurado designado para la evaluación del trabajo sometido por la Dra. Griselda Ferrara de Ginés a la consideración de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, como requisito parcial para su ingreso como Individuo de Número, concluyo por unanimidad, que él posee la calidad requerida para su ingreso como individuo, debido a que:

- Analiza un problema de alta significación como lo es la necesidad de aplicar tecnologías hasta el nivel terciario en las aguas servidas para evitar su eutricación.
- Es producto de la dedicación en docencia e investigación en esa área de la autora y demuestra continuidad de su activación profesional.
- El trabajo desarrolla en gran extensión, el estado del conocimiento en proyectos internacionales y nacionales sobre el tema y es de utilidad para la enseñanza del saneamiento en la formación de ingenieros.
- Los resultados son útiles para resolver el problema de eutricación en represas del País.

Desde las serranías de San Miguel de Urququi, en Ecuador, donde se cristaliza un proyecto de alta significancia en el entorno internacional y de alto impacto para la región Latinoamericana, que es la Universidad de Investigación de Tecnología Experimental, Yachay (YACHAY TECH, donde entre las partes integrante de su visión, *resalta la creación de talento de primera clase a través de la enseñanza innovadora y de la investigación*. Permítame estimada colega Dra. Griselda Ferrara, en nombre de la Academia Nacional de la Ingeniería y Hábitat, le damos la mas cordal bienvenida a nuestra Corporación, Su incorporación es de alta valía y seguros estamos que su excelente trayectoria profesional, será garantía de su futura actuación, en las actividades medulares de nuestra Academia.

*-El agua es crítica para el desarrollo sostenible, incluyendo la integridad del medio ambiente y el alivio de la pobreza y el hambre, y es indispensable para la salud y bienestar humanos.-Naciones Unidas.*

## **PALABRAS DEL PRESIDENTE ACADÉMICO GONZALO MORALES**

La contaminación ambiental, en todos sus sectores, es tema que adquiere la mayor importancia mundial por su inferencia en la salud.

Debemos garantizar la pureza del agua, la mejor calidad del aire que respiramos, la disposición óptima de las aguas negras, y el mejor tratamiento de los residuos sólidos.

En consecuencia, debemos dar bienvenida, estímulo y apoyo a todos los profesionales que dedican sus esfuerzos en velar porque esos requerimientos se cumplan, continuamente.

Señores todos:

Hoy tenemos el placer de dar bienvenida a nuestra academia a la Dra. Griselda Ferrara de Giner, como Individuo de Número.

La Dra. Ferrara de Giner aporta un extenso curriculum tanto en cuanto respecta a su conocimiento y experiencia sobre ingeniería química, como a sus experiencias pedagógicas en la enseñanza, ambos temas de vital necesidad en nuestro país.

La Dra. Ferrara posee un distinguido curriculum, tiene importantes publicaciones así como vinculaciones con instituciones internacionales, que buscan la protección contra la contaminación ambiental, lo cual es sumamente valioso para la humanidad. Sus trabajos sobre el agua y el Lago de Maracaibo, destacan la necesidad de aumentar y proteger sus fuentes.

Esperemos y estimulemos, que estos recursos reciban el tratamiento que merecen, en todos sus aspectos, especialmente en sus vínculos con la deforestación, que amenaza las fuentes en algunos sitios, especialmente en Guayana, e incluye el uso indiscriminado de insecticidas y otros productos contaminantes.

Debemos destacar los vínculos con el desarrollo pleno del agro, esencial para el futuro de nuestro país, en búsqueda de la mayor independencia alimenticia.

Por todo lo anterior, serán fundamentales los aportes que se propongan, particularmente en la enseñanza de todos los sectores vinculados al agua y al agro, muy en especial la investigación.

Al hablar de cuido, pensamos también en el del Lago de Valencia, los golfos de Venezuela y de Paria, y nuestros ríos, tan olvidados y deteriorados.

Los desarrollos anteriores, son todos esenciales para construir el mejor futuro de Venezuela. Algo que nos obliga a meditar profundamente. Comentemos brevemente el futuro, ¿de cual futuro estamos hablando? Por supuesto del mejor, del que tenga mayor claridad, no solo en los

aspectos físicos relacionados con la iluminación, con las represas hidroeléctricas, con Guri, sino más importante aún, claridad de mentes, claridad de pensamiento, claridad de conducción. Un país en pleno desarrollo, donde cunda el respeto al ciudadano y a la Constitución. En esta era de influencia de impactantes tecnologías, de información ultrarápida es poco comprensible que éstas no se manifiesten palpablemente en nuestro desarrollo.

Empero, de acuerdo a los pronósticos a corto plazo, tendremos que pensar en una recuperación de nuestro país, tan pobremente manipulado, en todos los campos, ¿qué proyectos firmes tenemos para vincular el agua a resolver el crecimiento del agro en todos sus sectores?

Bienvenido académico Ferrero de Giner.

Muchas gracias a todos, por habernos acompañado en este acto y esperamos que su compañía perdure en el tiempo.

Buenos días.