

Este documento contiene un resumen de la trayectoria académica y científica del **Dr. Gonzalo Guillén Gosálbez**, actualmente **Profesor Titular en el Departamento de Ingeniería Química de la Universitat Rovira i Virgili, con especial énfasis en describir las contribuciones realizadas en el uso de herramientas de programación matemática en las áreas de diseño y planificación de procesos sostenibles e ingeniería metabólica.**

El Dr. Gonzalo Guillén nació en el año 1978 en Murcia. Cursó los estudios de primaria y el bachillerato en el **Colegio San Buenaventura de Murcia** obteniendo la calificación global de **matrícula de honor**. Accedió posteriormente a la **Universidad de Murcia** (obteniendo la **máxima nota de corte en selectividad**, 9.22 sobre 10, de la Comunidad Autónoma de Murcia), y allí cursó los estudios de **Ingeniería Química** entre los años 1996 y 2001, finalizando el proyecto final de carrera en la **University of Bath** (Reino Unido) y siendo galardonado con el **Premio Nacional Fin de Carrera 2001** como reconocimiento a su expediente académico. Posteriormente se trasladó a la **Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona de la Universidad Politécnica de Cataluña** para realizar el doctorado en el área de Ingeniería de Procesos Químicos bajo la supervisión de los Profesores **Luis Puigjaner Corbella** y **Antonio España Camarasa** y financiado por una beca de **Formación de Personal Universitario (FPU)** otorgada por el Ministerio de Educación y Cultura. Durante los estudios doctorales, el Dr. Guillén realizó estancias cortas en la **University of Veszprem** (Hungría), la **Carnegie Mellon University** (EEUU), y el **Imperial College London** (Reino Unido), todas ellas financiadas por becas competitivas del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). Finalizó los estudios de doctorado en diciembre de 2005, obteniendo la calificación de **Sobresaliente cum Laude, la mención de Doctor Europeo y el Premio Extraordinario de Doctorado 2005**. Posteriormente obtuvo una **beca Fulbright** para realizar una estancia postdoctoral de 15 meses en la Carnegie Mellon University (EEUU) bajo la supervisión del profesor **Ignacio Grossmann**, líder mundial en el área de simulación y optimización de procesos. Tras dicha estancia, el Dr. Guillén se incorporó como **Profesor Lector en la Universitat Rovira i Virgili** en enero de 2008, donde obtuvo posteriormente una plaza de **Profesor Titular de Universidad** en octubre de 2010, siendo uno de los más jóvenes en obtener dicho estatus profesional en la historia del Departamento.

La investigación del Dr. Guillén se enmarca dentro de la **Ingeniería de Sistemas de Proceso** (Process Systems Engineering), una rama de la ingeniería química que se centra en el desarrollo de herramientas sistemáticas para el diseño, control y operación de procesos. Actualmente trabaja en dos líneas de investigación principales, donde el énfasis se sitúa en el uso de herramientas matemáticas para resolver problemas de ingeniería: desarrollo de **modelos de optimización multi-objetivo para el diseño y la planificación de procesos sostenibles**, y desarrollo de **algoritmos de optimización global** para el estudio de **rutas metabólicas**. En la primera, desarrolla modelos de programación matemática para la optimización de industrias de proceso considerando aspectos económico y ambientales, estos últimos cuantificados por medio de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). En el área de ingeniería metabólica, ha desarrollado técnicas de optimización global basadas en algoritmos de aproximación externa y de ramificación y cota espacial que son empleados para identificar de forma sistemática cambios genéticos que conducen a incrementos en la producción de metabolitos de interés.

El Dr. Guillén tuvo el primer contacto con la investigación cuando comenzó sus estudios doctorales en la Universidad Politécnica de Cataluña. Su tesis se centró en el desarrollo de modelos y algoritmos de optimización para el **diseño y la planificación de cadenas de suministro** del sector químico. Su primer artículo publicado en el año 2005 en la revista *Chemical Engineering Science* (“Multi-objective supply chain design under uncertainty”) y fruto de una colaboración con la **University of Oklahoma de EEUU (Profesor Miguel Bagajewicz)**, fue pionero en adoptar una visión global basada en el estudio de la cadena productiva completa asociada a un proceso químico. Este trabajo marcó un punto de inflexión en la ingeniería de procesos moderna, donde hasta la fecha se había abordado el estudio de plantas de proceso de forma aislada y sin contemplar la complejidad de la cadena productiva asociada. Dicho artículo ha recibido hasta la fecha 70 citas, lo que le convierte en un **highly cited paper** (artículo altamente citado según la ISI Web of Knowledge), lo que muestra su elevado impacto en la comunidad científica. A este primer trabajo le siguieron otros en donde extendió la metodología propuesta para incorporar **aspectos económicos** (artículos 4, 8, y 10 del CV), **de riesgo financiero** (artículos 2, 3, 6 y 7), y **ambientales** (artículos 11 y 12). Desarrolló además algoritmos de optimización para la resolución eficiente de problemas de optimización de cadenas de suministros basados en programación matemática (artículos 6 y 7), y simulación de eventos discretos (artículos 5, 9 y 12). Los artículos mencionados fueron publicados en las **mejores revistas de ingeniería de procesos** (*AICHE Journal*, *Chemical Engineering Science*, *Computers & Chemical Engineering*, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *International Journal of Production Economics*, y *Journal of Cleaner Production*), y han recibido alrededor de **250 citas** hasta la fecha, lo que muestra claramente el impacto que han tenido en la comunidad científica.

Además, parte de los resultados generados durante la tesis se publicaron en el libro “Supply Chain Optmization” de la Wiley-Vch por invitación expresa de los editores. Es importante mencionar que la investigación desarrollada durante la tesis fue cofinanciada mediante proyectos de investigación competitivos tanto nacionales como internacionales (ver CV), destacando varios proyectos de investigación europeos. Además del impacto académico, cabe señalar el **impacto industrial** de las tareas de investigación fruto este último de proyectos de colaboración entre el Departamento de Ingeniería Química de la UPC y diversas industrias del sector químico. El Dr. Guillén publicó durante la tesis doctoral un total de **12 artículos de investigación**, algo inusual en un campo de investigación donde la media de artículos por tesis suele estar en el rango 2-4. La calidad y cantidad de la investigación realizada fueron reconocidas mediante el **Premio Extraordinario de Doctorado**.

El Dr. Guillén continuó con las tareas de investigación en la Carnegie Mellon University bajo la supervisión del Profesor Ignacio Grossmann (<http://www.cheme.cmu.edu/people/faculty/grossmann.htm>) mediante una estancia

financiada por una **beca Fulbright** obtenida tras pasar un duro y exhaustivo proceso de selección al que se presentaron cientos de doctores de toda España con el objetivo de obtener una de las 30 becas disponibles en todas las ramas de ciencia, humanidades e ingeniería. Concretamente, propuso a la **comisión Fulbright** un proyecto de investigación altamente innovador que se centró en el desarrollo de modelos de **optimización multi-objetivo** para el diseño y la planificación de procesos que contemplan aspectos económicos y ambientales, estos último cuantificados por medio de la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Este proyecto se basaba originariamente en un artículo que coordinó como autor principal y para correspondencia en la revista *Industrial & Engineering Chemistry Research* (“Application of life cycle assessment to the structural optimization of process flowsheets”), lo que indica claramente el **liderazgo intelectual** en la temática planteada.

Junto con el Profesor Grossmann, trabajó en un enfoque novedoso en el área de **diseño de procesos sostenibles** basado en incorporar aspectos del ACV en modelos de programación matemática para minimizar el impacto ambiental de industrias de proceso. Fruto de esta investigación, desarrollaron un conjunto de **herramientas de software** que permiten identificar de forma sistemática patrones de producción más eficientes que minimizan el impacto ambiental del ciclo de vida y mejoran el beneficio económico. El **impacto** de la investigación realizada fue muy elevado, con repercusiones **académicas e industriales**. El primer trabajo con el Profesor Grossmann publicado en la revista *AICHE Journal* en el año 2009 (“Optimal design and planning of sustainable chemical supply chains under uncertainty”) ha recibido alrededor de 40 citas, mientras que el segundo artículo, publicado en el año 2010 en la revista *Computers & Chemical Engineering* (“A global optimization strategy for the environmentally conscious design of chemical supply chains under uncertainty in the damage assessment model”), ha recibido 22, siendo ambos considerados como **highly cited papers**, lo que indica de nuevo el **elevado impacto científico de la investigación realizada**. Muestra inequívoca de la calidad y repercusión científica de la investigación la encontramos en el premio **“Research Excellence in Sustainable Engineering Award”**, otorgado en el año 2011 al Profesor Ignacio Grossmann por el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) como reconocimiento a sus contribuciones en el ámbito de la sostenibilidad, y donde se hizo mención explícita a los trabajos que llevamos a cabo conjuntamente. Otro aspecto muy relevante es la repercusión industrial de la tecnología desarrollada, impacto que no es posible medir mediante indicadores bibliográficos tradicionales como el número de citas recibidas. Por medio del consorcio CAPD (Center for Advanced Process Decision-Making, <http://capd.cheme.cmu.edu/>), tuvimos la oportunidad de diseminar los resultados de nuestra investigación a empresas líderes en el ámbito de la química como **ExxonMobil, DOW Chemical, ABB, y BP**, con algunas de las cuales tuve posteriormente la oportunidad de colaborar estrechamente, transfiriendo la tecnología desarrollada en mi investigación y logrando con ello **importantes mejoras ambientales y económicas** en sus procesos.

El Dr. Guillén continuó con sus tareas de investigación en la Universitat Rovira i Virgili mediante una plaza de Profesor Lector a la que se incorporó en enero de 2008. **Fundó el grupo de investigación SUSCAPE** (“Sustainable Computer Aided Process Engineering”, www.etseq.urv.cat/suscaped), que inició su andadura con tan solo un becario de doctorado, y actualmente cuenta con **10 becarios de doctorado y un investigador postdoctoral, y un presupuesto anual aproximado de 250,000 euros** que proviene de proyectos de investigación competitivos y becas de doctorado financiadas por entes públicos. SUSCAPE se centra en dos líneas de investigación: **el diseño y la planificación de procesos sostenibles y la optimización de rutas metabólicas**, siendo la primera la más importante de ambas y continuación natural de las actividades de investigación realizadas durante la estancia postdoctoral del Dr. Guillén en Estados Unidos.

Concretamente, el Dr. Guillén ha introducido mejoras significativas en el **enfoque de optimización multi-objetivo que incorpora aspectos del ACV**, tales como el tratamiento riguroso de diferentes fuentes de incertidumbre (artículos 18, 27 y 39), el desarrollo de algoritmos de reducción de objetivos que permiten identificar métricas de impacto redundantes (artículos 30, 34, 38, 40 y 41), y el uso combinado de simuladores de procesos y principios del ACV (artículos 33, 36 y 44). Además, ha aplicado este enfoque innovador a **numerosos problemas de ingeniería**, calculando soluciones que permiten mejorar el rendimiento ambiental de forma sistemática (considerando el ciclo de vida del proceso) a expensas de incrementar el coste levemente. Entre las aplicaciones estudiadas, cabe mencionar el diseño de cadenas de suministro de la industria azucarera (artículos 29, 32 y 39); el diseño de ciclos de absorción para generación de frío (artículos 18, 19, 26, 37 y 42); el diseño de cadenas de suministro de producción y distribución de hidrógeno (artículos 21, 27 y 38), y de cadenas de suministro de la industria petroquímica (artículos 17, 22, 30 y 34); y la optimización de plantas de ósmosis inversa (artículo 37). La investigación realizada ha suscitado un interés creciente en la comunidad científica, recibiendo alrededor de **200 citas** en un periodo de tiempo muy corto. Además, el Dr. Guillén ha sido invitado por varias revistas de elevado índice de impacto (*Computers & Chemical Engineering, International Journal of Hydrogen Energy e Industrial & Engineering Chemistry Research*) para participar en ediciones especiales dedicados a temas de optimización de procesos y sostenibilidad.

Un hito muy importante en la trayectoria del Dr. Guillén fue el convenio de colaboración con la empresa **ExxonMobil, primera compañía mundial** en términos de facturación. Dicha colaboración se inició en el año 2009 y continuó durante año y medio hasta finales de 2010. Además de este proyecto, ha coordinado otros proyectos de transferencia con las empresas multinacionales **REPSOL Química S.A., Procter & Gamble, y Maystar**.

La otra línea de investigación del Dr. Guillén se centra en el desarrollo de **modelos de optimización global para el estudio de rutas metabólicas**. Esta línea de trabajo nació en el 2009, año en el que el **Profesor Albert Sorribas** (del Departamento de Ciencias Médicas Básicas de la Universidad de Lérida) y el Dr. Guillén comenzaron a desarrollar conjuntamente algoritmos de optimización global para ingeniería metabólica. Su primer artículo en esta temática fue

publicado en la revista *BMC Bioinformatics* (artículo 20 del CV), una de las más destacadas en biología computacional. A este primer artículo le siguieron otros 5 en revistas de elevado impacto (*Journal of Biotechnology*, *BMC Systems Biology*, *BMC Bioinformatics*, *Computers & Chemical Engineering*, e *Industrial & Engineering Chemistry Research*, artículos 24, 25, 28, 31 y 43 del CV). Estos trabajos han sido los primeros en proponer el uso de herramientas sistemáticas basadas en técnicas de optimización global en biología de sistemas, un campo de investigación prometedor situado en la **interfase entre biología e ingeniería**.

Como resultado de su intensa actividad científica, el Dr. Guillén ha publicado un total de **45 artículos en revistas** de investigación internacionales indexadas en bases de datos JCR (13 como primer autor, y 17 como autor para correspondencia), **28 capítulos de libro**, y **77 contribuciones a congresos**, que han recibido un total de **455 citas (índice h de 14)** hasta la fecha. Ha dirigido como **investigador principal 8 proyectos de investigación** financiados por entidades públicas y privadas, y **participado en otros 16**. Además, ha dirigido **2 tesis doctorales (y otras 10 actualmente en curso)**, y **6 proyectos de master (y uno en curso)**. Como muestra de la calidad de la educación que imparte a sus estudiantes de doctorado, cabe destacar que aquéllos que han finalizado sus estudios o están cerca de hacerlo trabajan actualmente en instituciones de gran prestigio como la **Northwestern University (EEUU)**, el **ETH Zurich (Suiza)** y el **Banco Mundial**.

Otro indicador del **impacto internacional de la investigación** del Dr. Guillén **son las colaboraciones que mantiene con numerosas instituciones de prestigio internacional** (como así lo demuestran publicaciones firmadas conjuntamente con miembros de éstas), como la **Carnegie Mellon University (EEUU)**, la **Northwestern University (EEUU)**, la **University of Oklahoma (EEUU)**, el **ETH (Suiza)**, la **Technische Universität München (Alemania)**, la **Universidad Nacional de Tucumán (Argentina)**, la **Universidade Estadual de Maringá (Brasil)**, la **Koc University (Turquía)**, la **Universidad Católica de Chile (Chile)**, la **Fundation Dr. Ferran (Hospital Verge de la Cinta)**, la **Universitat de Lleida**, la **Universidad de Santander**, la **Universidad Politécnica de Cataluña**, y la **Universidad de Alicante**.

El Dr. Guillén es además miembro del **Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE)**, institución que le permite interactuar con colegas académicos e industriales de todo el mundo. Ha formado parte de varios **comités organizadores** de eventos científicos nacionales e internacionales y ha realizado **ponencias invitadas** sobre la investigación realizada en diversas instituciones de prestigio como la University of Manchester, University of Surrey, Imperial College London, ETH, Carnegie Mellon University, ExxonMobil Corporate Research Laboratory, Universidade Técnica de Lisboa, Universidad Politécnica de Cartagena, Universidad Nacional de Tucumán, Universidad de Alicante, y SABIC Innovative Plastics. Actualmente es **revisor de varias revistas internacionales** (ver CV), ha sido **evaluador de proyectos** de investigación en convocatorias del MEC (España) y el CONICET (Argentina), y ha participado en diferentes **comités de tesis doctorales**.

Como docente, ha trabajado intensamente en **transferir sus conocimientos** en el área de optimización de procesos y evaluación del impacto ambiental a **estudiantes de grado y postgrado**. Así, ha impartido varios cursos en las titulaciones de Ingeniería Química, Ingeniería Técnica Industrial Especialidad en Química Industrial y Biotecnología (grado) y en los Masters de Ingeniería Química, Ingeniería Ambiental y Producción Sostenible y de Investigación en Ingeniería Química (posgrado). Ha colaborado en **proyectos de innovación docente** centrados la mayor parte de ellos en **fomentar el uso de herramientas de optimización en problemas de ingeniería**, y difundido los resultados obtenidos en el marco de dichos proyectos mediante **publicaciones y presentaciones en congresos docentes**. También ha participado en **tareas de gestión académica**, siendo actualmente el **Coordinador del Programa de Doctorado en Ingeniería Ambiental, Química y de Procesos**, con alrededor de 100 estudiantes de Doctorado de 15 nacionalidades diferentes. Este curso ha sido además el **Director del Master de Investigación en Ingeniería Química**, título que da acceso al Programa de Doctorado.

Un aspecto muy importante del **trabajo investigador** del Dr. Guillén es la **dimensión social** del mismo, algo que queda patente al ver su labor de cooperación con países en vías de desarrollo y sus actividades en el ámbito de la divulgación científica. Concretamente, ha dirigido **2 proyectos de colaboración internacional** (y participado en otros dos) con Argentina financiados por la Agencia Española para la Cooperación Internacional y el Desarrollo (AECID) del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación Español (MAEC), y colaborado en otros dos proyectos con **Brasil y Sudáfrica**. Dichos proyectos le permitieron aplicar las herramientas de optimización desarrolladas en su grupo a problemas de interés general como la producción de biocombustibles a partir de caña de azúcar, transfiriendo así la tecnología desarrollada a otros países con menos recursos. Finalmente, también cabe destacar el trabajo realizado hasta la fecha por el Dr. Guillén en el ámbito de la **divulgación científica**. Actualmente la **falta de vocaciones científicas y tecnológicas** ha generado cierto alarmismo en la comunidad científica. Motivado por este contexto general, el Dr. Guillén ha participado en **seminarios** en centros de secundaria, y ha colaborado activamente en la elaboración de **videos de divulgación científica** destinados a estudiantes preuniversitarios. Estos últimos han gozado de un gran éxito en múltiples foros, siendo finalistas en varios certámenes científicos, y llegando a recibir alrededor de 40,000 visitas en internet.