

FORMACIÓN DOCTORAL FRANCIA-CUBA EN FÍSICO-QUÍMICA MOLECULAR: 10 AÑOS DE UNA EXPERIENCIA EXITOSA

FRENCH-CUBAN DOCTORAL TRAINING IN MOLECULAR CHEMICAL-PHYSICS: 10 YEARS OF A SUCCESSFUL EXPERIENCE

M. L. GONZÁLEZ-MARTÍNEZ^{a†}, P. LARRÉGARAY^b, J. RUBAYO-SONEIRA^c y J.-C. RAYEZ^b

a) CNRS, Laboratoire Aimé Cotton, UPR 3321, F-91400 Orsay; maykel.gonzalez-martinez@u-psud.fr

b) Université de Bordeaux, CNRS, ISM, UMR 5255, F-33400 Talence, France. pascal.larregaray@u-bordeaux.fr; jc.rayez@u-bordeaux.fr

c) InSTEC, Ave. Salvador Allende y Luaces, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba; jrs@instec.cu

† autor para la correspondencia

Recibido 19/10/2016; Aceptado 28/10/2016

Durante la última década se han establecido fuertes relaciones entre investigadores cubanos y franceses en el dominio de la físico-química molecular. Estas relaciones, erigidas sobre la realización de proyectos de doctorado conjuntos, se han construido fuera de los programas bilaterales tradicionales, gracias a la enérgica implicación de investigadores del Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC, La Habana), varios laboratorios franceses de investigación (Bordeaux, Toulouse, Lille, Orsay, Le Havre, Besançon) y el apoyo decisivo de la Embajada de Francia en Cuba. Los trabajos realizados, que abarcan desde el estudio de propiedades de moléculas aisladas hasta la reactividad en fase condensada, se han beneficiado del alto nivel de la formación universitaria cubana en física y química. La colaboración ha sido mutuamente fructífera en términos de formación—11 grados de doctor han sido entregados hasta la fecha—e investigación—se han publicado varias decenas de artículos científicos en revistas de alto impacto. Este artículo relata la génesis, evolución y perspectivas actuales de esta colaboración, a la luz de la evolución futura de las relaciones académicas franco-cubanas.

Strong academic relations have been established over the last decade between Cuban and French researchers in the field of molecular chemical-physics. This collaboration, founded on joint PhD projects, have been developed outside traditional bilateral programmes thanks to the energetic involvement of researchers from Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC, Havana), several French research labs (Bordeaux, Toulouse, Lille, Orsay, Le Havre, Besançon) and the decisive support of the French Embassy in Cuba. The resulting research projects, whose subjects span from the study of the properties of isolated molecules to that of chemical reactivity in the condensed phase, have greatly benefitted from the excellent level of Cuban higher education in physics and chemistry. The collaboration have been mutually advantageous both in terms of the number of graduates—11 PhD degrees have been awarded to date—and research quality—various tens of scientific articles have been published in high-impact peer-reviewed journals. Here, we trace the origins, and discuss the evolution and current perspectives of this collaboration, on the light of future French-Cuban academic relations.

PACS: Physics literature and publication, 01.30.-y. science and government (funding, politics, etc.), 01.78.+p; Theoretical and experimental chemical physics.

I. DEL ENCUENTRO A LA COLABORACIÓN

En el período 1960-90 la investigación y formación doctoral cubanas en ciencias exactas se nutrieron principalmente de la intensa colaboración con la Unión Soviética (URSS) y los países socialistas de Europa del Este, principalmente a través de programas de intercambio. Estos programas permitieron formarse en centros de punta a numerosos estudiantes y jóvenes investigadores cubanos. El Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC, La Habana), fue concebido en la década de los 80 para la formación de los profesionales de perfil nuclear (físicos nucleares, radioquímicos e ingenieros nucleares) que trabajarían en la primera central electronuclear cubana, que era construida en Juraguá, Cienfuegos, en estrecha colaboración con la URSS y empleando tecnología soviética. La caída del campo socialista puso fin a la construcción de la central y frenó considerablemente la colaboración científica cubana con el extranjero, afectando dramáticamente el sistema de formación académico de la isla.

Varios profesores-investigadores del InSTEC, con el interés de ampliar las competencias de sus estudiantes y diversificar las líneas de investigación del instituto, se reunieron para formar un equipo de investigación en física atómica y molecular.

Desde su creación, el equipo decidió poner en práctica un esquema de formación doctoral que completase la carrera académica de los estudiantes especializados en física nuclear, para lo que se juzgó esencial que los jóvenes investigadores interactuasen con la comunidad científica internacional. Con el objetivo de propiciar dicha interacción, así como catalizar la colaboración entre investigadores cubanos y extranjeros en general, se organizó en La Habana en 2000 la primera edición del congreso *International Meeting on Photodynamics (and Related Aspects)*. El éxito fue inmediato y la experiencia devino en un ciclo periódico de conferencias con ciclo bianual. La participación de investigadores franceses fue muy destacada desde la primera edición, así como en las cinco ediciones siguientes también organizadas en Cuba. Para potenciar adicionalmente el intercambio directo entre los estudiantes

cubanos e investigadores extranjeros, se organizaron escuelas pre-conferencia a partir de la tercera edición—en 2004, 2006, 2008 y 2010. Varios investigadores procedentes de instituciones francesas (Alberto Beswick, Jean-Claude Rayez,

Laurent Bonnet, John Weiner) impartieron cursos avanzados directamente relacionados con sus líneas de investigación en dichas escuelas, a través de los cuales establecieron contactos con estudiantes cubanos.

Tabla 1. Los actores de la cooperación desde 2006.

<p>Esta colaboración no habría podido ver la luz del día y perdurar toda una década sin el trabajo imponderable de un gran número de estudiantes, investigadores, profesores y otro personal del InSTEC, de varias universidades francesas y de la Embajada de Francia en Cuba. Todas estas personas son afectuosamente agradecidas a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudiantes co-dirigidos: Maykel L. González Martínez, Llinersy Uranga Piña, Ricardo Franklin Mergarejo, Rolando R. Lozada García, Ernesto L. Quintas Sánchez, Alejandro Rivero Santamaría, Yansel O. Guerrero Martínez, Wilmer Arbelo González, Otoniel Denis Alpizar, Mario Hernández Vera, Carlos García Fernández, Alejandro Gutiérrez Quintanilla, Ariel F. Pérez Mellor; - InSTEC: Jesús Rubayo Soneira, Germán A. Rojas Lorenzo, Fernando Guzmán Martínez; - Universidad de Bordeaux: Jean-Claude Rayez, Laurent Bonnet, Pascal Larrégaray, Cédric Crespos, Thierry Stoecklin, Philippe Halvick; - Universidad de Toulouse: Nadine Halberstadt, Christof Meier, Alberto Beswick; - Universidad de Lille: Maurice Monnerville, Valérie Vallet; - Universidad Paris-Sud: Claudine Crépin, Anne Zehnacker-Rentien; - Universidad de Le Havre: François Lique; - Universidad de Franche-Comté: Sylvain Picaud; - Servicio de Cooperación y de Acción Cultural de la Embajada de Francia en Cuba: Roland Navarro, François Sow, Bernard Grau, Françoise Cochaud, Servane Tarot, Aurélie Nogues, Matthieu Sette, Christian Estrade.

Havana, February 1 - 5, 2010

Pre-conference School, January 27-30, 2010

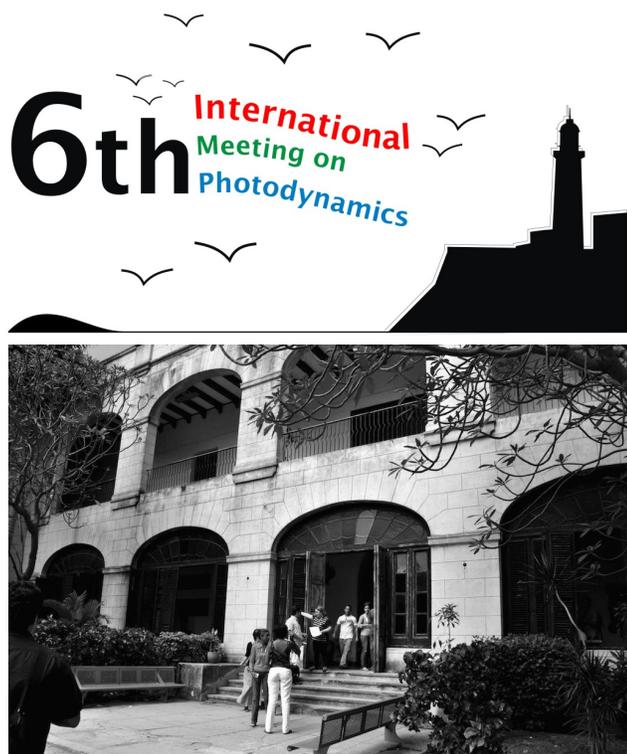


Figura 1. Logotipo del congreso 6th International Meeting on Photodynamics (and Related Aspects) (arriba) y fotografía del edificio principal del InSTEC, La Habana (abajo).

Desde principios de los 2000, los numerosos intercambios hicieron evidente el potencial de una colaboración basada en la complementariedad de la formación universitaria cubana en física, de alta calidad, y la investigación

académica francesa. Rápidamente se consideró la realización de doctorados en cotutela. Sin embargo, semejante proyecto no se habría podido llevar a cabo sin el apoyo decisivo del Servicio de Cooperación y Acción Cultural de la Embajada de Francia en Cuba. El primer doctorado en cotutela, que debutó en 2006 entre el InSTEC y la Universidad de Bordeaux, fue el verdadero desencadenante de la cooperación franco-cubana en físico-química molecular. Las universidades de Toulouse y Paris-Sud se unieron a la aventura desde 2007, seguidas rápidamente por las de Lille, Orsay, Le Havre y Franche-Comté (Besançon) en 2008. Debe subrayarse que, debido a la ausencia de acuerdos bilaterales entre Francia y Cuba, dichas relaciones se establecieron fuera de los marcos tradicionales de la cooperación académica internacional. Por este motivo, el esfuerzo ininterrumpido de diversos actores (universidades, Embajada de Francia en Cuba) fue un elemento fundamental en el nacimiento de dicha cooperación, principalmente para asegurar el financiamiento y movilidad de los estudiantes en Francia. Los actores de la colaboración son citados en la Tabla 1.

II. LA FÍSICO-QUÍMICA MOLECULAR FRANCO-CUBANA

Durante sus estudios universitarios, los estudiantes del InSTEC reciben una profunda preparación académica en matemáticas, física, química y ciencias de la computación, resultado de los años de intercambio con la escuela teórica soviética. Los estudiantes vinculados al grupo de investigación liderado por el Prof. Jesús Rubayo Soneira reciben, además, una especialización en física atómica y molecular durante sus estancias de investigación, tesis de licenciatura y maestría. En particular, producto de la génesis del grupo cubano y su colaboración con grupos españoles expertos en estos temas, los

estudiantes adquieren experiencia en métodos (cuasi)clásicos y cuánticos, principalmente para el estudio de procesos foto-inducidos de dinámica molecular. Estas condiciones, así como el origen mismo de los vínculos entre el grupo cubano e investigadores franceses a raíz de la participación regular de los últimos en las conferencias de Fotodinámica organizadas en Cuba, han determinado las temáticas y métodos empleados en los trabajos doctorales de investigación en cotutela desde 2006.

La Tabla 2 muestra detalles sobre las 11 tesis doctorales defendidas hasta la fecha por estudiantes cubanos en el contexto de la colaboración con varias instituciones francesas, incluyendo los títulos, disciplinas, fechas de defensa, etc. Los trabajos han abordado una amplia gama de

temáticas de la físico-química moderna, desde el estudio de moléculas aisladas de interés en procesos medioambientales y astrofísicos (e.g., colisiones inelásticas y reactivas, dinámica de foto-excitación), el análisis de interfases (recombinación en superficies) y de sistemas en fase condensada (matrices criogénicas). La mayoría de los doctorados conjuntos han desarrollado estudios teóricos, pero también se ha finalizado un doctorado experimental y hay dos actualmente en marcha. Las características de las becas de doctorado en cotutela, que incluyen generalmente estancias máximas de alrededor de 6 meses por año en los laboratorios franceses, complican la realización de doctorados experimentales. Además, la complejidad y el costo de instalaciones experimentales ha incidido negativamente en la formación de los estudiantes cubanos en técnicas experimentales modernas y en el desarrollo de la físico-química experimental en Cuba.

Tabla 2. Los actores de la cooperación desde 2006.

Estudiante <i>Disciplina</i>	Título de la tesis	Universidad francesa, Laboratorio <i>Supervisores en Francia</i>	Fecha de la defensa
M. L. González Martínez <i>Química-física</i>	Approches statisticodynamiques de la réactivité chimique	Université Bordeaux I, Institut des Sciences Moléculaires, <i>L. Bonnet, P. Larrégaray, J.-C. Rayez</i>	28/01/10
Ll. Uranga Piña <i>Física de la materia</i>	Ultrafast geometrical rearrangement of solid neon upon photoexcitation of a NO impurity: A quantum dynamics study	Université Toulouse III- Paul Sabatier, Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité, <i>C. Meier</i>	09/07/12
R. Franklin Mergarejo <i>Física de la materia</i>	Photo-absorption et diffusion Raman dans des complexes de dihalogénés avec l'eau : Relation avec des expériences dans l'eau liquide, la glace et les clathrates	Université Toulouse III- Paul Sabatier, Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité, <i>N. Halberstadt</i>	09/07/12
R. R. Lozada García <i>Física</i>	Dynamics and photodynamics of acetylacetone in para-hydrogen matrices	Université Paris Sud, Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay, <i>C. Crépin-Gilbert</i>	12/12/12
E. L. Quintas Sánchez <i>Química-física</i>	Description théorique de la dynamique de recombinaison Eley-Rideal de l'azote moléculaire à la surface du tungstène	Université Bordeaux I, Institut des Sciences Moléculaires, <i>J.-C. Rayez, P. Larrégaray, C. Crespos</i>	12/12/12
A. Rivero Santamaría <i>Química-física</i>	Etudes théoriques classique et quantique de la collision réactive Si+OH	Université Lille 1, Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules, <i>M. Monnerville</i>	27/06/13
Y. O. Guerrero Martínez <i>Física</i>	Développements des champ de force à n -corps pour les propriétés des ions solvatés	Université Lille 1, Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules, <i>V. Vallet</i>	21/10/13
W. Arbelo González <i>Química-física</i>	Nouvelles perspectives dans les traitements classique et semiclassique de la dynamique réactionnelle	Université Bordeaux I, Institut des Sciences Moléculaires, <i>L. Bonnet</i>	15/11/13
O. Denis Alpizar <i>Química-física</i>	Quantum molecular collision studies for processes of astrophysical interest	Université Bordeaux I, Institut des Sciences Moléculaires, <i>T. Stoecklin</i>	01/04/14
M. Hernández Vera <i>Física</i>	Vers la compréhension de l'abondance des cyanures / isocyanures dans le milieu interstellaire	Université Le Havre, Laboratoire Ondes et Milieux Complexes, <i>F. Lique</i>	16/12/14
C. García Fernández <i>Física</i>	Modeling the optical answer of soot particles emitted in the Troposphere	Université de France-Comté, Institut UTINAM, <i>S. Picaud (en colaboración con J.-C. Rayez)</i>	26/11/15

La mayoría de los estudiantes involucrados en la experiencia son graduados de Licenciatura en Física Nuclear, mientras que sus doctorados fueron otorgados en las disciplinas de química-física (5), física (4) y física de la materia (2).

La adaptación de los estudiantes a nuevos conceptos y métodos ha sido excelente, lo que atesta el alto nivel de la formación académica recibida. Los estudios teóricos han incluido el desarrollo, implementación y prueba de

nuevas metodologías, así como la aplicación de métodos ya establecidos, sobre la base de experimentos numéricos. Las técnicas empleadas abarcan desde métodos estadísticos, clásicos, cuasi- y semi-clásicos, hasta cálculos cuánticos dependientes (paquetes de onda) e independientes del tiempo en estudios de dinámica inelástica y reaccional, así como cálculos *ab initio* de estructura electrónica. Desde el punto de vista experimental, se han desarrollado técnicas de espectroscopía infrarroja a bajas temperaturas.

Más allá del aspecto formativo, individualmente beneficioso en términos profesionales y personales, la colaboración ha sido particularmente rica y productiva. La Figura 2 muestra detalles sobre la estadística de publicaciones en la muestra de 11 tesis defendidas. La distribución, con un 60% de las publicaciones logradas entre el 2^{do} y 3^{er} año de tesis, y un 30% adicional entre el 1^{er} y 4^{to} años, resalta el éxito de la experiencia de co-tutela, que ha permitido la finalización de los doctorados entre 3 y 4 años conforme a los estándares franceses. Durante sus doctorados, los estudiantes realizaron entre 16 y 26 meses de estancia en laboratorios franceses—23.3 meses de media. Desde el punto de vista de la producción científica, la divulgación de los resultados de investigación ha sido amplia, con un promedio de 4.6 publicaciones por estudiante en revistas con comité de revisión (ver Figura 2), y más de 70 contribuciones en talleres, congresos y conferencias nacionales e internacionales—entre 6 y 7 participaciones por estudiante. Varios de estos resultados han recibido premios de diversa índole, desde premios a los carteles presentados en conferencias (MAMPC 2013, NSF), hasta 3 Premios Anuales de la Academia de Ciencias de Cuba (2009, 2012 y 2015).

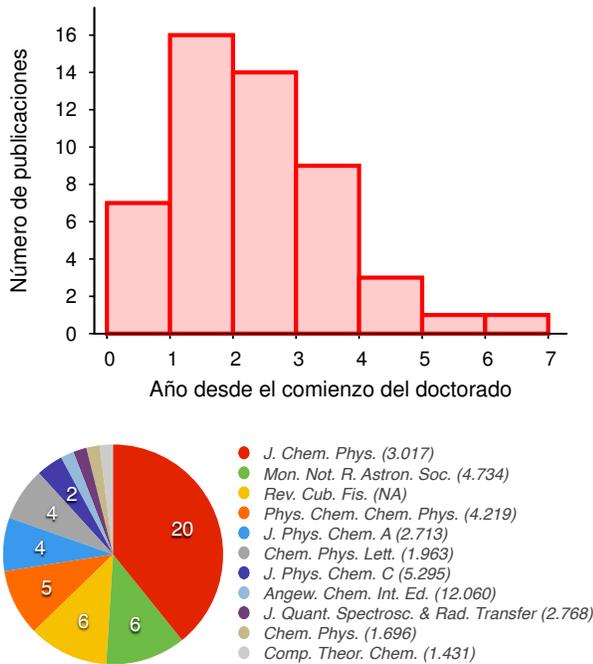


Figura 2. Estadística de publicaciones asociadas a las tesis en cotutela terminadas hasta la fecha, incluyendo distribución del número de publicaciones por año doctoral, número de publicaciones por revista e índice de impacto de 5 años (entre paréntesis, fuente: InCites™ Journal Citation Reports®).

La gran mayoría de los doctores formados a través de esta colaboración han continuado sus carreras académicas y realizado una o varias estancias post-doctorales en grupos de investigación en Francia, Reino Unido, Alemania, Suiza, España, Austria, Brasil y Argentina. Algunos han ocupado posiciones dentro del sistema académico cubano e iniciado la formación de sus propios grupos de investigación, como es el caso de la Dra. Llinersy Uranga Piña, vicedecana docente de la Facultad de Física de la Universidad de La Habana y líder del grupo “Dinamo”, quien fue recientemente seleccionada por la Academia de Ciencias para el Tercer Mundo (TWAS) para participar en la reunión anual de los premios Nobel de Física en 2016.



Figura 3. Logotipo del Workshop on Atomic and Molecular Physics (izquierda) y fotografías de los participantes en las ediciones de 2009 (arriba) y 2015 (abajo).

Los doctorados fueron financiados principalmente mediante recursos propios de los grupos de investigación e instituciones francesas involucradas, el Servicio de Cooperación y Acción Cultural de la Embajada de Francia en Cuba, así como por 4 becas de excelencia Eiffel otorgadas por el Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia y otras becas de los consejos regionales franceses. La ausencia de acuerdos bilaterales y de financiamiento específico más allá del provisto por la Embajada de Francia en Cuba ha previsiblemente dificultado la colaboración desde el punto de vista financiero.

III. UNA CITA PERIÓDICA FRANCO-CUBANA: EL WAMP (WORKSHOP ON ATOMIC AND MOLECULAR PHYSICS)

Dada la amplitud creciente de la colaboración, se creó en 2009 un taller dedicado específicamente a potenciar oportunidades de intercambio e incitar la sinergia entre los estudiantes e investigadores del InSTEC, los estudiantes en cotutela y los profesores e investigadores de universidades francesas. Así nació el *Workshop on Atomic and Molecular Physics*. Este taller, que comenzó con la participación de una decena de estudiantes, dos universitarios franceses y dos profesores cubanos, devino periódico (ritmo trianual) y reunió más de 50 personas de 11 países diferentes en su tercera edición en 2015, entre los cuales 25 estudiantes e

investigadores cubanos (ver figura 3). Semejante crecimiento revela el marcado interés que suscita la colaboración académica con Cuba. Desde la celebración de su última edición, dos nuevos estudiantes cubanos han iniciado sus tesis doctorales en Francia (ISM, Bordeaux).

IV. PERSPECTIVAS

La experiencia de la cooperación franco-cubana en físico-química molecular en los 10 últimos años ha sido exitosa desde todos los puntos de vista. Se ha desarrollado una ciencia de alto nivel, al mismo tiempo que se han establecido profundas relaciones entre investigadores y estudiantes de ambos países. Su éxito resulta de la excelente formación académica de los estudiantes cubanos que han logrado desarrollar las líneas de investigación conjuntas. Esta cooperación, cuyas bases se crearon en ausencia de acuerdos bilaterales, solo precisa ahora ser desarrollada en toda su amplitud dentro de un contexto internacional mucho más favorable.

V. AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a Olivier Dulieu del Laboratoire Aimé Cotton, Orsay, Francia, por sugerirnos el tema de este artículo.