

Químics catalans al món: Joan Serrano Plana

Springer Nature (Berlín, Alemanya)



Joan Serrano Plana, amb un model d'un enzim artificial, i l'oficina de l'editorial Springer Nature, a Berlín. Fotografies cedides per Joan Serrano Plana.

Trajectòria científica i professional

Inicis en la recerca científica: màster i doctorat sobre la síntesi de complexos de coordinació bioinspirats

Joan Serrano Plana (Tarragona, 1988) es va llicenciar en química per la Universitat de Girona (UdG) el 2012. Durant el darrer any de llicenciatura va dur a terme una estada de mig any als laboratoris del professor Knud J. Jensen, a la Universitat de Copenhaguen, on va treballar en la síntesi de pèptids amb propietats antimicrobianes. Tot seguit, va cursar el Màster en Catàlisi Homògena organitzat conjuntament per la UdG, la Universitat de Barcelona (UB), la Universitat Jaume I (UJI) i la Universitat de Castella-la Manxa (UCLM). Va realitzar el treball de fi de màster a la UdG, sota la supervisió del professor Miquel Costas i la doctora Anna Company. La seva tesi de màster es va centrar a estudiar l'activació d'oxigen mitjançant complexos de coordinació bioinspirats basats en centres metàl·lics de coure, així com la reactivitat dels complexos de coure-oxigen resultants (figura 1) [1]. Els adductes de coure-oxigen són interessants perquè aquests compostos es formen durant el cicle catalític

de certs enzims que contenen coure al seu centre actiu, com, per exemple, la tirosinasa (que té un paper important en la producció de melanina) o l'hemocianina (que intervé en el transport d'oxigen a la sang d'artròpodes o mol·luscs). Aquests enzims serveixen d'inspiració per a desenvolupar noves metodologies en síntesi que permetin dur a terme reaccions d'oxidació utilitzant oxidants benignes com oxigen o peròxid d'hidrogen. Tot i així, cal remarcar que la preparació i l'estudi de la reactivitat dels complexos de coure-dioxigen al laboratori no és res trivial. Aquests compostos són altament inestables, la qual cosa requereix treballar a temperatures criogèniques (sovint per sota de $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$). Entre molts altres factors, la seva formació depèn en gran manera del disseny del lligand que coordina el centre metàl·lic. En aquest sentit, hi ha molts exemples de la literatura científica que estan basats en lligands nitrogenats [2].

A continuació, va realitzar la tesi doctoral al mateix grup de recerca. Durant aquest període, la major part dels seus esforços es van centrar a sintetitzar complexos metàl·lics basats en metalls de la primera sèrie de transició, principalment, ferro. Aquests poden servir com a sistemes model d'enzims que contenen ferro al centre actiu, com les dioxigenases de Rieske, la taurina-dioxigenasa o els citocroms P450, catalitzadors de processos oxidatius en els sistemes naturals. En concret, es va focalitzar a desenvolupar un nou complex de ferro(II) que reacciona amb peràcids a baixa temperatura per a donar lloc a una espècie metaestable que és cinèticament competent per a l'oxidació d'alcanis i alquens [3]. Una combinació de tècniques espectroscòpiques va permetre assignar aquesta espècie

Correspondència: Joan Serrano Plana
Springer Nature
Tiergartenstraße, 17. 69121 Heidelberg
A/e: joan.serranoplana@nature.com
X: @JoanSP

altament reactiva com a ferro-oxo, en què el ferro es troba en un estat d'oxidació +5 (figura 1). Aquest tipus de compostos s'havien postulat abans en el cicle catalític de les oxidacions mitjançades per sistemes no hemo, però fins aleshores no s'havien pogut generar amb un rendiment suficient per a estudiar-ne la reactivitat amb detall.

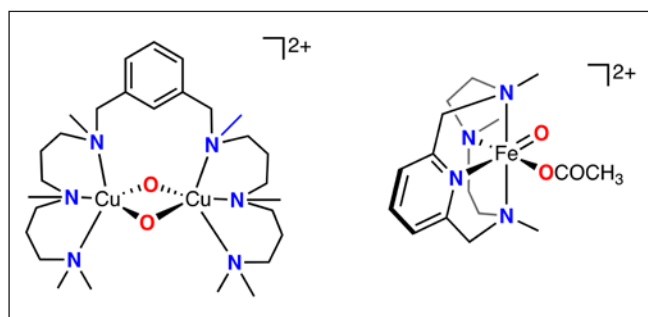


FIGURA 1. Exemples de complexos de coure-dioxigen (esquerra) i ferro-oxo (dreta). Elaboració pròpia.

Període postdoctoral: preparació d'enzims artificials amb aplicacions en catalàlisi

Després de defensar la tesi doctoral, es va traslladar a Basilea (Suïssa). Allà va continuar fent recerca com a investigador postdoctoral al grup del professor Thomas R. Ward, amb una beca Marie Skłodowska Curie Individual Fellowship. Motivat pel repte de dissenyar sistemes sintètics que puguin mimetitzar la reactivitat dels enzims de la natura, el seu projecte principal es va centrar en el desenvolupament de metal·loenzims artificials [4]. Aquest camp relativament modern combina conceptes de la química tradicional (*síntesi, catàlisi o química de coordinació*) i de l'enzimologia. En termes generals, l'objectiu és incorporar complexos metàl·lics a les proteïnes,

ja siguin naturals o modificades, i explorar-ne les aplicacions en la catàlisi. Aquesta estratègia permet crear sistemes complementaris als enzims presents a la natura i desenvolupar reaccions químiques que no existeixen en els sistemes naturals. La presència de la segona esfera de coordinació proveïda per la proteïna permet induir nous patrons de selectivitat, incloent-hi l'enantioselectivitat. De fet, un dels avenços clau per al progrés del camp dels enzims artificials va ser el desenvolupament de l'evolució dirigida d'enzims, que permet modificar l'estructura de la proteïna d'una manera controlada. Aquest fet va ser reconegut amb el Premi Nobel de Química el 2018 [5]. Així doncs, la introducció de modificacions estructurals tant en el centre actiu (el complex metàl·lic) com en la proteïna permet modular la reactivitat d'aquests enzims artificials. Durant el període de postdoctorat, el doctor Serrano Plana va preparar una hidroxilasa artificial mitjançant la incorporació d'un complex aquiral de ferro a les cavitats de la proteïna estreptavidina (figura 2) [6]. Resumidament, en afegir-hi peròxid d'hidrogen, el complex de ferro present a la cavitat de la proteïna dona lloc a la formació d'una espècie de ferro-oxo. Aquests compostos són oxidants i poden hidroxilar enllaços C—H d'hidrocarburs. Quan es troben dins d'un entorn quiral, proveït per la proteïna, la reacció procedeix amb estereoselectivitat. Aquesta estratègia permet realitzar hidroxilacions a les posicions benziliques d'hidrocarburs d'una manera asimètrica.

Del laboratori a editor científic

El maig del 2020 es traslladà a Alemanya, on va començar a treballar com a editor científic per a la revista *Nature Communications* [7] del grup Springer Nature. Actualment, és edi-

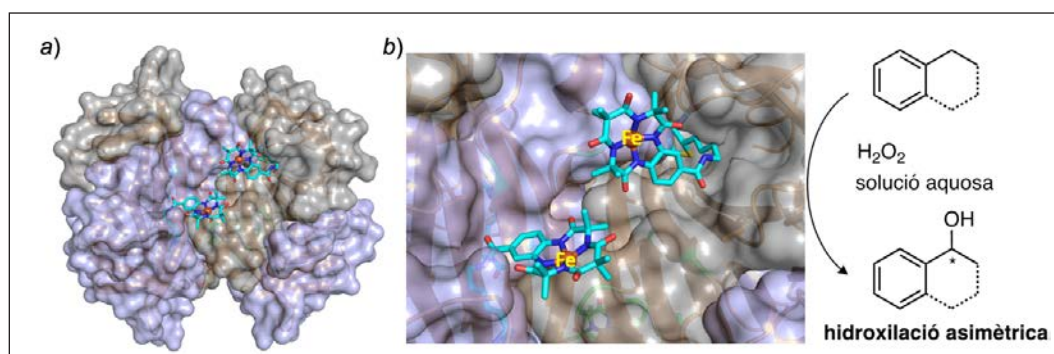


FIGURA 2. a) Estructura d'una hidroxilasa artificial preparada mitjançant la incorporació d'un complex aquiral de ferro a les cavitats de la proteïna estreptavidina. b) Detall de l'estructura del centre actiu de la hidroxilasa artificial (esquerra) i reacció d'hidroxilació asimètrica d'hidrocarburs (dreta). Vegeu [6] per a més detalls. Elaboració pròpia.

tor científic sènior de la revista *Nature Chemistry* [8], del mateix grup editorial. El càrrec d'editor científic implica diferents funcions que fan que sigui una feina dinàmica. Una gran part del temps el dedica a avaluar els manuscrits que científics d'arreu del món envien a la revista, decidir quins articles són d'interès per a la publicació i gestionar-ne el procés de revisió (*peer review*). Aquesta responsabilitat fa que hagi d'aprendre i d'estar al dia dels progressos en diversos camps de la ciència. Els temes en què s'ha especialitzat són la química inorgànica, l'organometàlica, la supramolecular i de materials. A més de les tasques relacionades amb l'avaluació de manuscrits, la feina li permet viatjar a congressos científics. Aquesta funció és clau per a interaccionar amb la comunitat científica, com també ho és escoltar xerrades de recerca per a conèixer noves tendències i línies de recerca. Altres funcions importants d'aquest càrrec són preparar contingut per a la revista, inclouent-hi la redacció de petits assaigs on es destaquen publicacions científiques recents que considera rellevants [9], preparar reculls d'articles científics [10], fer xerrades formatives sobre el procés de publicació o formar altres editores i editors, entre d'altres.

Referències i altres fonts

- [1] a) SERRANO-PLANA, J.; COSTAS, M.; COMPANY, A. «Building complexity in O₂-binding copper complexes. Site-selective metalation and intermolecular O₂-binding at dicopper and heterometallic complexes derived from an unsymmetric ligand». *Inorg. Chem.*, 53 (2014), p. 12929-12938. b) SERRANO-PLANA, J.; GARCIA-BOSCH, I.; MIYAKE, R.; COSTAS, M.; COMPANY, A. «Selective ortho-hydroxylation-defluorination of 2-fluorophenolates with a bis(μ-oxo)dicopper(III) species». *Angew. Chem. Int. Ed.*, 55 (2016), p. 6310-6314.
- [2] ELWELL, C. E.; GAGNON, N. L.; NEISEN, B. D.; DHAR, D.; SPAETH, A. D.; YEE, G. M.; TOLMAN, W. B. «Copper-oxygen complexes revisited: Structures, spectroscopy, and reactivity». *Chem. Rev.*, 117 (2017), p. 2059-2107.
- [3] a) SERRANO-PLANA, J.; OLOO, W. N.; ACOSTA-RUEDA, L.; MEIER, K. K.; VERDEJO, B.; GARCÍA-ESPAÑA, E.; BASALLOTE, M. G.; MÜNCK, E.; QUE JR., L.; COMPANY, A.; COSTAS, M. «Trapping a highly reactive non-heme iron intermediate that oxygenates strong C-H bonds with stereoretention». *J. Am. Chem. Soc.*, 137 (2015), p. 15833-15842; b) SERRANO-PLANA, J.; AGUINACO, A.; BELDA, R.; GARCÍA ESPAÑA, E.; BASALLOTE, M. G.; COMPANY, A.; COSTAS, M. «Exceedingly fast oxygen atom transfer to olefins via a catalytically competent nonheme iron species». *Angew. Chem. Int. Ed.*, 55 (2016), p. 6310-6314; c) FAN, R.; SERRANO-PLANA, J.; OLOO, W. N.; DRAKSHARAPU, A.; DELGADO-PINAR, E.; COMPANY, A.; MARTIN-DIACONESCU, V.; BORRELL, M.; LLORET-FILLOL, J.; GARCÍA-ESPAÑA, E.; GUO, Y.; BOMINAAR, E. L.; QUE JR., L.; COSTAS, M.; MÜNCK, E. «Spectroscopic and DFT characterization of a highly reactive non-heme FeV-oxo intermediate». *J. Am. Chem. Soc.*, 140 (2018), p. 3916-3928.
- [4] SCHWIZER, F.; OKAMOTO, Y.; HEINISCH, T.; GU, Y.; PELLIZZONI, M. M.; LEBRUN, V.; REUTER, R.; KÖHLER, V.; LEWIS, J. C.; WARD, T. R. «Artificial metalloenzymes: Reaction scope and optimization strategies». *Chem. Rev.*, 181 (2018), p. 142-231.
- [5] *The Nobel Prize in Chemistry 2018. Summary* [en línia]. <<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2018/summary/>> [Consulta: 29 maig 2023].
- [6] SERRANO-PLANA, J.; RUMO, C.; REBELEIN, J. G.; PETERSON, R. L.; BARNET, M.; WARD, T. R. «Enantioselective hydroxylation of benzylic C(sp³)-H bonds by an artificial iron hydroxylase based on the biotin-streptavidin technology». *J. Am. Chem. Soc.*, 142 (2020), p. 10617-10623.
- [7] *Nature Communications* [en línia]. <<https://www.nature.com/ncomms/>> [Consulta: 29 maig 2023].
- [8] *Nature Chemistry* [en línia]. <<https://www.nature.com/nchem/>> [Consulta: 27 agost 2023].
- [9] a) SERRANO-PLANA, J. «Double-walled design for tetrahedral cages». *Nat. Chem.*, 13 (2021), p. 729. b) SERRANO-PLANA, J. «Aluminium analogue of oxirane». *Nat. Chem.*, 14 (2022), p. 14.
- [10] *Nature Communications. Collection: f-block elements* [en línia]. <<https://www.nature.com/collections/highbeiiij>> [Consulta: 29 maig 2023].