

Acte d'investidura del Prof. Alessio Figalli com a doctor *honoris causa* de la UPC

Elogi dels mèrits del professor Alessio Figalli, UPC, 2019

by Xavier Cabré (UPC and ICREA)

Benvolguts rector, membres del Consell de Direcció, directors i directores de centres de la UPC. Benvolgut professor Figalli.

Em complau moltíssim que, arran de la proposta del degà de la Facultat de Matemàtiques i Estadística, la meua universitat investeixi doctor *honoris causa* Alessio Figalli, no només per la gran rellevància de la figura de Figalli en les matemàtiques, sinó també per la meua relació científica amb ell i per la important tasca de tutor que du a terme amb diversos exalumnes de la UPC. Avui tinc l'honor de presentar-vos-el i explicar-vos-en breument la seva trajectòria i aportacions.

Alessio Figalli és un matemàtic italià de 35 anys. Va néixer a Roma el 1984. Entre el 2002 i el 2006 va estudiar matemàtiques a la Scuola Normale Superiore de Pisa, a Itàlia. Va obtenir el títol de doctor el 2007, amb 23 anys, sota la direcció de dos grans matemàtics: Luigi Ambrosio (Premi Fermat i Premi Balzan), de la Scuola Normale, i Cédric Villani (Medalla Fields), de l'École Normale Supérieure de Lió. La seva àrea de recerca en matemàtiques és l'anàlisi, més concretament les equacions en derivades parcials i el càlcul de variacions. Al final de l'elogi parlaré breument d'aquests temes.

Després del doctorat, Figalli va treballar dos anys a França, a la Universitat de Niça i a l'École Polytechnique. Des del 2009 fins al 2016 va ser professor a la Universitat de Texas a Austin, que és on ha fet la major part de la seva carrera. Va començar com a professor titular i Harrington Faculty Fellow; més tard el van nomenar catedràtic i va passar a ocupar la càtedra R. L. Moore. Des del 2016 és catedràtic de l'ETH Zürich a Suïssa.

Ha dirigit unes deu tesis doctorals i ha tutoritzat també uns deu postdocs. És editor de nou revistes de l'àmbit de les matemàtiques i ha publicat prop de 150 articles (una xifra molt elevada per a un matemàtic de la seva edat) amb uns 90 col·laboradors. Hi ha una particularitat de la seva producció científica que admiro molt: el ventall increïblement ampli de temes i àmbits sobre els quals és capaç de publicar al màxim nivell.

El 2012, Figalli va rebre un premi molt important: el Premi de la Societat Matemàtica Europea per a investigadors joves, de màxim 35 anys. El 2018, fa un any, va obtenir el reconeixement més gran del món de les matemàtiques: va guanyar la Medalla Fields, que li va ser lliurada en el marc del Congrés Internacional de Matemàtiques celebrat a Rio de Janeiro. Es tracta de la distinció més alta que pot rebre un matemàtic, juntament amb el Premi Abel, fundat més recentment. Els guanyadors de la Medalla Fields han de ser menors de 40 anys. Figalli la va aconseguir als 35 anys i es va convertir en el segon matemàtic italià d'obtenir-la; el primer va ser Enrico Bombieri el 1974.

Des del segle XV, Itàlia ha aportat diversos dels millors matemàtics del món, entre els quals hi ha Cavalieri, Tartaglia, Torricelli, Riccati, Ricci, Ruffini, Beltrami i Levi, un matemàtic els resultats del qual admiro molt. Com que era jueu, a principis de la dècada de 1930 Beppo Levi va haver d'emigrar i se'n va anar a la ciutat argentina de Rosario, on va entrar en un grup del qual també formava part Lluís Santaló, el matemàtic català més il·lustre de tots els temps. Gràcies a aquell grup, l'Argentina va aconseguir destacar en l'àmbit de les matemàtiques al segle XX. De fet, Santaló ja va rebre l'*honoris causa* per la UPC l'any 1977. Sumant-hi la investidura de Michael Atiyah el 2008, avui celebrem el tercer *honoris causa* de la nostra universitat a un matemàtic.

Molts dels principals matemàtics italians d'avui dia, com Figalli, s'han format a la Scuola Normale Superiore de Pisa. Això demostra la gran importància de tenir institucions centrades en l'excel·lència i compromeses amb els estudiants destacats, un sistema molt arrelat en països com França o els Estats Units, entre d'altres, però poc a Espanya. En aquest sentit, la Facultat de Matemàtiques i Estadística (FME) i el Centre de Formació Interdisciplinària Superior (CFIS) de la UPC poden afirmar amb orgull que han format alguns dels millors joves matemàtics de l'Estat de les darreres dècades. Tanmateix, penso que, si aquest país vol aconseguir una medalla Fields algun dia, caldrà centrar-se bastant més en els estudiants destacats, començant des del grau.

En els darrers anys, diversos estudiants de l'FME han guanyat el Premi José Luis Rubio de França de la Reial Societat Matemàtica Espanyola. Aquest premi es concedeix anualment a joves matemàtics que treballin a l'Estat; sens dubte, és un dels premis més importants en l'àmbit de les matemàtiques a Espanya. Entre els guardonats hi trobem Xavier Ros-Oton i Joaquim Serra, ambdós llicenciats i doctorats per la UPC. D'aquest èxit també n'és responsable Alessio Figalli, que ha tutoritzat Ros-Oton i Serra com a postdocs a Austin (Texas) i Zuric, cosa que ha tingut un gran impacte en el seu creixement com a matemàtics professionals. Tots tres (Figalli, Ros-Oton i Serra) ara viuen a Zuric i treballen plegats amb molta intensitat. A part de tot el que ja han produït en treballs conjunts, sé que aviat rebrem més grans novetats científiques per part seva.

Xavier Fernández-Real és un altre molt bon estudiant que es va graduar a la UPC. Es va traslladar a Austin per fer el doctorat sota la direcció de Figalli i ara l'està completant a Zuric. Fernández-Real ja té vuit articles de recerca publicats i hauria pogut acabar el doctorat, però no és fàcil renunciar a tot el que es pot aprendre sota la direcció d'Alessio Figalli. És un motiu de satisfacció que Fernández-Real passarà a ampliar la llista de grans matemàtics graduats a la UPC. Per tot plegat: gràcies, Alessio! Sens dubte, tot això tindrà un efecte considerable en el futur de les matemàtiques catalanes.

Permeteu-me ara que us expliqui el primer contacte que vaig tenir amb Figalli. Té relació amb Ennio de Giorgi (1928-1996), professor de la Scuola Normale i un dels matemàtics més importants del segle XX. Després de doctorar-me, vaig començar a treballar en una famosa conjectura de De Giorgi. Una conjectura és un enunciat que alguns matemàtics consideren que és veritat. Tanmateix, fins que no se'n troba una demostració matemàtica completa, l'enunciat podria ser fals. El 1995, mentre mirava de demostrar una conjectura de De Giorgi, vaig tenir l'oportunitat de passar tres mesos com a postdoc de la Unió Europea a la Scuola Normale i conèixer personalment De Giorgi. Aleshores jo només tenia 29 anys i vaig quedar impressionat. El fet de conèixer-lo va refermar la meua voluntat de resoldre la conjectura. Vaig començar a treballar-hi amb Luigi Ambrosio, antic alumne de De Giorgi i futur director de tesi de Figalli. Quatre anys després, el 1999, Ambrosio i jo vam poder resoldre una part de la conjectura. El nostre article es va convertir en un dels temes principals de la *tesi di laurea* de Figalli, el seu treball de fi de grau. Recordo haver rebut diversos correus electrònics d'un cert estudiant anomenat Alessio Figalli. Aquells correus demostraven molta maduresa. Em va impressionar quan va assenyalar que al nostre article hi havia una afirmació matemàtica que calia justificar més. Era un punt molt subtil, difícil de detectar per a un estudiant. Vam estar contents quan vam veure que l'afirmació es podia justificar de manera ràpida i precisa.

Ara us n'explicaré una altra de més recent, que a mi em sembla una història molt maca. Després d'aquells tres mesos a Pisa el 1995, me'n vaig anar a París a fer un altre postdoc. Vaig treballar amb un important matemàtic francès, Haim Brezis, que, en aquella època, estava molt interessat en un problema que em va cridar l'atenció. El problema va resultar molt difícil de resoldre i es va convertir en una conjectura; podríem dir-ne la "conjectura de Brezis". Des de llavors he treballat en ella i he publicat diverses respostes parcials. El 2013 vaig fer un avenç important, però encara no acabava de resoldre la conjectura completament. Fa tres anys vaig anar a Zuric i vaig explicar la conjectura i els meus progressos a Alessio Figalli. Va quedar captivat per la bellesa del problema i hi vam treballar junts de manera intensa durant una setmana. Tot i així, no vam aconseguir resoldre-la. Posteriorment, vaig discutir el problema amb diversos especialistes destacats en institucions de primera categoria, novament sense èxit. Fa un any vaig tornar a Zuric per assistir a un gran congrés que Alessio Figalli, Joaquim Serra i Xavier Ros-Oton organitzaven a l'ETH. Els vaig demanar que ens reuníssim a l'ETH, aquesta vegada tots quatre junts, per fer un nou intent a resoldre-la. Al cap de tres dies, vam aconseguir demostrar-la. Si no fos per ells, encara no estaria resolta. I per aquest motiu els vull donar les gràcies a tots. El juliol passat vam acabar d'escriure un article molt maco signat per tots quatre, que per a mi representa la culminació de 23 anys de treball en la resolució del problema.

Arran de tot plegat, he tingut el privilegi de fer matemàtiques amb l'Alessio Figalli intensament durant el darrer any i de conèixer-lo millor, matemàticament. Té totes les aptituds que necessita un matemàtic: curiositat, profunditat, sentit de la bellesa, habilitats tècniques, ambició, optimisme i constància. Diverses vegades m'ha sorprès com de lluny pot arribar, amb quina profunditat i amb quina velocitat, partint d'una bona idea. També té una altra virtut molt útil: la mesura justa de pragmatisme, d'eficiència. Això em recorda una cosa que vaig llegir (quan va guanyar la Medalla Fields) de la seva infantesa: primer de tot feia tots els deures; així evitava renys parentals i, a més, podia disfrutar completament de jugar amb els altres nens. D'això se'n diu eficiència. Fer matemàtiques amb ell és un plaer: no pares d'aprendre i aprendre. Alhora, és una persona senzilla, agradable, amable i transparent. Fa que les coses siguin fàcils, sense complicacions.

El professor Figalli ja ens explicarà, d'aquí a una estona, alguns detalls del seu àmbit de recerca. Per tant, seré breu, però no volia deixar de dir-ne quatre paraules. En primer lloc, hauríem de tenir en compte que gairebé totes les qüestions científiques i tecnològiques de la vida moderna tenen una part de matemàtiques darrera seu. En segon lloc, molt sovint encara ara aquestes matemàtiques no són gens trivials o, simplement, encara no estan desenvolupades i pot ser que passin pel cap baix algunes dècades fins que no ho estiguin, fins que no les entenguem. Això vol la feina dels matemàtics per si mateixos, però també en col·laboració amb físics, enginyers, químics, etc. A més d'aquestes disciplines (tradicionalment més vinculades a les matemàtiques), d'altres com la biologia, la sociologia, la inversió financera, el *big data* i el web, entre d'altres, també demanen més matemàtiques noves. És a dir que tenim molta feina, i n'estem contents d'això.

L'àmbit de recerca d'Alessio Figalli són les equacions en derivades parcials, que tradicionalment s'anomenen les "equacions de la física matemàtica". Les més famoses són: l'equació de la calor (penseu en un reactor o un glaçó que es fon a dins de l'aigua), l'equació d'ones (penseu en un auditori, una xarxa wifi o un estudi per saber mitjançant ones si hi ha petroli sota terra) i les equacions de fluids (penseu en els corrents oceànics o la predicció del temps). Normalment és impossible escriure la solució exacta d'aquestes equacions per a un cas o una situació concrets. Per tant, és vital conèixer les propietats essencials (qualitativament i quantitativament) de les solucions. En les equacions en derivades parcials, això demana l'ús de moltes eines matemàtiques sofisticades. Només una vegada enteses aquestes propietats essencials, podrem calcular les solucions en situacions concretes mitjançant mètodes numèrics, amb l'ajuda d'ordinadors.

Penseu que sovint calen més de tres variables per descriure objectes tridimensionals. Per exemple, les equacions de Newton per descriure el moviment d'un planeta impliquen sis dimensions (tres posicions i tres velocitats) més el temps. La conjectura de Brezis que vam solucionar conjuntament l'any passat afirmava que, fins a nou dimensions, les solucions observables i estacionàries de certes equacions del calor són sempre regulars, és a dir, no tenen singularitats i, per tant, són més fàcils de calcular. Des del 1975 sabíem que això no era cert en deu dimensions o més; d'això en fa 44 anys.

La citació pel Premi Fields de 2018 d'Alessio Figalli diu: “Per les contribucions a la teoria del transport òptim i les seves aplicacions en equacions en derivades parcials, geometria mètrica i probabilitat”. I és que Figalli va descobrir que la teoria del transport òptim té moltíssimes aplicacions en fenòmens que suposadament no hi estan relacionats, com ara algunes equacions de la física matemàtica: per exemple, per modelar pantalles de cristall líquid. Ell mateix ens explicarà què és el transport òptim, o distribució òptima de recursos, tal com va formalitzar el matemàtic francès Gaspard Monge el 1781. Permeteu-me presentar el tema amb un exemple: posem que tinc d’una banda un clot enorme al jardí i de l’altra una pila de terra amb la quantitat exacta que necessitem per omplir el forat. Hauré de triar quines parts de terra hauré de moure a quines parts del clot, sabent que serà una tasca física esgotadora i que no vull acabar molt cansat després de tot el dia al jardí. Podria mirar d’estalviar energia al començament movent els trossos de terra de més a prop del clot a la part del clot de més a prop de la pila de terra. Però, si ho faig així, més tard em costarà molt més perquè em tocarà moure la terra de més lluny a les parts del clot més allunyades. El problema, per tant, és: quina és la manera més econòmica de transportar la terra, és a dir, quina part de terra s’ha de portar a quina part del clot per tal de minimitzar l’esforç total? Resulta que es tracta d’un problema matemàtic extremadament complex que va costar diversos segles d’entendre. Tot just fa uns quants anys que es va acabar d’entendre i resoldre completament.

Permeteu-me que esmenti tres de les contribucions més rellevants d'Alessio Figalli. La primera és sobre la regularitat dels mapes de transport. Figalli i Guido de Philippis (*Inventiones Mathematicae*, 2013) van obtenir un resultat formidable per a una qüestió que continuava oberta des de les contribucions fonamentals de Luis Caffarelli als anys noranta. El nou resultat estableix la regularitat per a l’equació de Monge-Ampère (que és al darrere de l’aplicació de transport òptim) quan el terme a la dreta de l’equació és només mesurable. Una segona contribució molt innovadora està relacionada amb la teoria dels problemes de fronteres lliures; en el cas del glaçó que es fon a dins de l’aigua, ens preguntem com n’és, de regular, la superfície de contacte entre el gel i l’aigua, que evoluciona amb el temps. En un article de Figalli, escrit en col·laboració amb Joaquim Serra (*Inventiones Mathematicae*, 2019), es fa un avanç formidable, que suposa una millora substancial dels resultats fonamentals de Caffarelli dels anys vuitanta. Un tercer àmbit en què les aportacions de Figalli són bàsiques, des del 2009, es refereix als problemes d’estabilitat en les desigualtats geomètriques. Des de l’antiga Grècia, sabem que de les regions del pla amb el mateix perímetre el disc o cercle és el que té més superfície. Les versions quantitatives d’aquest fet són de gran interès. Podem voler esbrinar la semblança d’una regió respecte d’un disc, sabent que la relació entre el perímetre i la superfície és molt semblant a la relació òptima que es dona en els discos. En aquest tema tan fonamental, els resultats de Figalli són nombrosos i representen una autèntica revolució.

Abans d’acabar, permeteu-me afegir, entre d’altres, les seves contribucions a la teoria espectral de matrius aleatòries mitjançant tècniques de transport òptim, així com a la teoria KAM en sistemes hamiltonians, un tema que interessa al grup de Sistemes Dinàmics de la UPC.

Finalment, vull donar les gràcies al professor Figalli per haver acceptat el grau de doctor *honoris causa* de la UPC. És un honor per a la nostra universitat. Agraïxo la vostra atenció i espero que gaudiu d’aquesta cerimònia tant com jo.

Discurs pronunciat pel nou doctor *honoris causa* Prof. Alessio Figalli

Benvolguts rector i membres del Consell de Direcció,
Benvolguts membres del PDI, l'estudiantat i el PAS,
Senyores i senyors,

És un gran honor per a mi rebre el títol de doctor *honoris causa* de la Universitat Politècnica de Catalunya.

A més de l'honor que representa haver estat investit doctor *honoris causa* per una universitat tan prestigiosa com la UPC, diversos matemàtics d'aquesta universitat han tingut —i encara l'hi tenen— un paper molt important a la meva carrera, i això fa que aquesta distinció sigui encara més especial per a mi.

M'agradaria començar amb una petita història. El 2004, mentre encara estudiava a Pisa, em tocava escriure el treball de fi de grau i el vaig acabar fent sobre un problema que s'anomena “conjectura de De Giorgi”. De Giorgi era un matemàtic italià molt famós, dels millors matemàtics del segle passat, i era especialment famós no només pels seus resultats matemàtics, sinó també per la seva gran intuïció, una intuïció que el va portar a postular moltes conjectures. Va conjecturar resultats matemàtics que considerava veritables i la comunitat ha passat anys i panys mirant de demostrar-los.

El 1978, De Giorgi va exposar una famosa conjectura relacionada amb dos temes molt importants de les matemàtiques. D'una banda, les superfícies mínimes. Les superfícies mínimes són superfícies que minimitzen la seva àrea. Tenim l'exemple de la pel·lícula de sabó que queda emmarcada en l'estructura d'un filferro. És una superfície mínima, és a dir, una superfície que té l'àrea més petita possible entre totes les superfícies delimitades per una determinada corba. De l'altra, les equacions en derivades parcials (EDP). Les EDP són un camp molt important de les matemàtiques que apareix en física, química, biologia i d'altres. Pràcticament tots els fenòmens físics es descriuen amb EDP.

La conjectura de De Giorgi actualment encara continua oberta. Tanmateix, s'han trobat resultats fonamentals rellevants que han respost la conjectura de De Giorgi en una sèrie de casos importants. L'objectiu del meu treball de fi de grau era comprendre l'enunciat de la conjectura i llegir alguns dels resultats obtinguts per matemàtics destacats en aquest tema. Recordo que una de les referències principals del meu treball era un article molt important escrit conjuntament pel meu director de treball, Luigi Ambrosio, de la Universitat de Pisa, i Xavier Cabré, professor d'aquí, de la UPC.

Aquest treball va ser l'inici de les meves interaccions amb el professor Cabré: llegint l'article em venien moltes preguntes al cap, de manera que li vaig anar enviant correus electrònics, als quals, tot i que jo llavors només era un estudiant, ell sempre va respondre amb molta amabilitat. Vaig tenir la gran sort de coincidir-hi més endavant en la meua carrera. El 2008, mentre treballava a la universitat a França, em plantejava traslladar-me a la Universitat de Texas, a Austin. El novembre del 2008 hi vaig anar de visitant i resulta que Xavier Cabré també hi estava fent una estada. A més a més, ell havia fet classes a Austin uns quants anys abans de tornar a Barcelona. La decisió de si em traslladava o no als Estats Units no era gens fàcil, però afortunadament em vaig poder parlar molt amb Cabré. Ell em va animar a anar-me'n a Austin, cosa que ha resultat fonamental per a la meua recerca i la meua carrera. Per això li agraeixo tant tot el suport i els consells que em va donar.

Continuant amb la història, el 2014 Cabré tenia dos doctorands molt potents a la UPC. Un d'ells era Xavier Ros-Oton, que va decidir embarcar-se en un postdoc a Austin i treballar amb mi. Aquest va ser el començament d'una llarga col·laboració que continua encara ara, ja que Ros-Oton treballa a la Universitat de Zuric. Una altra interacció amb un matemàtic de la UPC. L'altre estudiant de Cabré, Joaquim Serra, va venir a Zuric com a postdoc el 2016. I per acabar, encara un altre estudiant de la UPC, un graduat, proposat per Cabré, que aleshores començava el doctorat amb mi: Xavier Fernández-Real. Com podeu veure, m'he relacionat molt amb matemàtics de la UPC, que són molt presents a la meua llista de col·laboradors.

Per concloure aquesta part, tinc una bona notícia per compartir amb vosaltres sobre la meua relació amb els matemàtics de la UPC. He començat la història d'avui el 2004 parlant de Cabré i la conjectura de De Giorgi, i ara m'agradaria continuar amb una altra conjectura, que s'anomena conjectura de Brezis. Fa més de 20 anys, Haim Brezis, un matemàtic francoisraelià, va plantejar una conjectura molt important sobre les EDP. I avui tinc l'alegria d'anunciar-vos que tot just fa tres mesos, amb Cabré, Ros-Oton i Serra, la vam resoldre. Quina manera més bona d'acabar aquest relat sobre la meua interacció amb els matemàtics de la UPC!

Amb aquesta història us volia explicar per què és tan especial per a mi rebre el títol de doctor *honoris causa* de la UPC. És una celebració de totes les meves relacions amb aquesta universitat i també una celebració de les matemàtiques. Les matemàtiques són una matèria dinàmica que té moltíssimes aplicacions en la vida quotidiana. La gent sovint no se n'adona, però hi ha matemàtiques pertot arreu, en tota la tecnologia que fem servir, en totes les eines que tenim. Només per dir-ne alguns exemples: els dispositius d'enregistrament, els ordinadors, la intel·ligència artificial, la criptografia... I la llista continua.

Pel que fa a les matemàtiques, durant la meua carrera he treballat en molts problemes, però un pel qual tinc una inclinació especial i que també va ser decisiu perquè em concedissin la Medalla Fields és el del transport òptim. L'origen del transport òptim data del final del segle XVIII amb Gaspard Monge, un matemàtic francès de l'època napoleònica. L'objectiu de Monge era trobar la manera més econòmica possible de transportar mate-

rials d'un lloc a un altre, posem que des de les mines de les quals s'extreien els materials fins als llocs on s'havien de construir les fortificacions. Aquest problema tan complex va fascinar Monge, que va fer-hi diverses contribucions.

Després de Monge, aquesta teoria no va tenir continuïtat durant molts anys, fins que als anys quaranta, uns 150 anys després, Leonid Kantorovich, un matemàtic i economista rus, va reprendre l'estudi d'aquest problema i hi va fer una contribució molt important. Val a dir que les seves contribucions li van valer el premi Nobel d'economia el 1975.

A la dècada dels vuitanta, els matemàtics van començar a treballar cada cop més en el transport òptim, i aquest va ser l'inici de l'estudi matemàtic modern d'aquest problema. Concretament, a part de les aplicacions evidents que té en economia, el que més va fascinar els matemàtics va ser el descobriment (sorprenent) que el transport òptim es podia fer servir per comprendre altres temes.

A mi particularment em van fascinar dues aplicacions del transport òptim. Una d'elles es refereix a l'estudi dels cristalls. La idea bàsica és que la forma d'un cristall ve determinada per l'estructura molecular del cristall i que hi ha uns principis físics que ens indiquen per què un cristall té una forma determinada. En particular, es pot demostrar que la forma d'un cristall prové de la minimització d'un tipus de tensió superficial.

Tanmateix, si bé és important la idealització, a la vida real els cristalls estan sotmesos a una sèrie de factors externs (gravetat, temperatura, forces externes, etc.). Per tant, el que hem de saber és com la presència d'aquests factors externs afecta la forma d'un cristall. Dit d'una altra manera, imaginem-nos que tenim un cristall en una habitació i que la temperatura de l'habitació comença a pujar. La forma del cristall comença a canviar a causa de la calor afegida al sistema i ens agradaria calcular aquest canvi en relació amb la quantitat d'energia afegida al sistema.

Resulta especialment impressionant el fet que es pugui utilitzar el transport òptim per estudiar aquest problema. La idea, a grans trets, és que el transport òptim ens pot servir per entendre com les molècules que componen el cristall es mouen en el procés d'escalfament, i podem fer servir aquesta eina per estimar el canvi en la forma amb límits òptims. Això ho vaig estudiar fa uns deu anys.

L'altra aplicació en la qual he estat treballant és la relació entre el transport òptim i la meteorologia. En meteorologia s'ha vist que hi ha uns sistemes que s'anomenen equacions quasi-geostròfiques i que tenen un principi de transport òptim al darrere. Aquí la idea és que els núvols estan formats per partícules que es van movent.

Mirant el moviment global del núvol, ens preguntem com hi participa cada partícula individual. Novament, un dels principis que hi ha al darrere és el transport òptim: cada partícula passa d'una posició en un moment a una altra en un altre moment minimitzant el cost del transport. A través d'aquest principi, els meus col·laboradors i jo hem aconseguit resoldre les equacions quasi-geostròfiques.

Aquests dos exemples són especialment importants per a mi perquè són personals, però tingueu present que el transport òptim va molt més enllà d'aquestes aplicacions. Per exemple, recentment s'ha aplicat en el processament d'imatges. Posem que tenim dues imatges i volem transportar els colors d'una imatge a l'altra. Com que el transport òptim és una eina que ens permet moure material considerant les imatges com a distribucions de píxels, podem fer-lo servir per transportar els píxels de l'una a l'altra.

Més recentment també s'ha començat a fer servir el transport òptim per comparar imatges diferents (per exemple, per decidir si una imatge representa la foto d'un gat o d'un gos). I és que el transport òptim té un paper crucial en l'aprenentatge automàtic, que té l'objectiu de formar els ordinadors perquè puguin reconèixer aquesta mena d'imatges.

Els últims anys les matemàtiques han avançat molt ràpidament i, com més avança la societat, més necessiten avançar les matemàtiques, i a l'inrevés, com més avancen les matemàtiques, més tecnologia podem desenvolupar.

Tot i que les matemàtiques normalment es divideixen en matemàtiques aplicades i matemàtiques pures, aquestes dues àrees progressen juntes, l'una gràcies a l'altra, i el seu avenç és vital per al desenvolupament d'altres ciències i de la tecnologia en la nostra societat.

Així doncs, avui no només celebrem la meua recerca o el meu *honoris causa*; per a mi avui celebrem el món de les matemàtiques.

Agraeixo sincerament a la Universitat Politècnica de Catalunya l'honor d'investir-me doctor *honoris causa*.