



**Pla estratègic
2014-2019**

Índex

1. Missió i visió del CRM.

2. El CRM al final del pla estratègic 2008-2013.

3. Pla estratègic per al període 2014-2019.

Annex. Descripció de les línies principals de recerca per als propers anys.

1. Missió i visió del CRM

El CRM es va crear el 1984. En els primers anys el CRM va ser un centre dependent de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC). El 2002 va esdevenir un consorci amb personalitat jurídica pròpia entre el IEC i la Generalitat de Catalunya, i en l'actualitat és un dels centres del sistema CERCA.

La missió del CRM, tal com es defineix en els seus estatuts, és "fomentar la investigació i la formació avançada en matemàtiques, en col·laboració amb les universitats i altres institucions de recerca de Catalunya, amb l'objectiu d'esdevenir un centre de reconeixement internacional en aquest camp."

Aquesta missió defineix el CRM com una entitat emmarcada dins el sistema català de recerca matemàtica i en demana la col·laboració amb altres agents actius del sistema, com ara els departaments de matemàtiques universitaris, que tenen objectius similars. Amb els anys aquesta missió s'ha concretat de diferents maneres a l'hora de definir les polítiques científiques específiques. No obstant això, pot dir-se que sempre ha estat una característica comuna de les polítiques del CRM el buscar la *complementarietat* amb les desenvolupades en les altres institucions. Al capdavant, el CRM gaudeix de finançament públic, de manera que l'ús dels seus fons ha de ser optimitzat. Com a resultat d'aquesta complementarietat el CRM s'ha anat convertint en una estructura transversal, en un *centre de sistema* per al conjunt de la recerca matemàtica a Catalunya, duent a terme polítiques, iniciatives i actuacions que no s'implementen fàcilment a les universitats.

Des dels seus inicis el 1984 fins al 2007, és a dir durant 23 anys, el CRM, sota la direcció del seu fundador, el Dr Castellet, va ser un "centre de serveis" a la comunitat matemàtica en un sentit ampli. Durant aquests anys, el centre organitza congressos, *workshops*, cursos avançats, hostatja visitants de mitja i llarga durada que col·laboren amb els investigadors locals de les universitats, hostatja investigadors postdoctorals, etc. sense tenir personal d'investigació propi. L'activitat del CRM durant aquest període va tenir un efecte molt positiu en el panorama de la recerca matemàtica a Catalunya. Val la pena esmentar que aquest tipus de centre, mentre que gairebé no existeix en altres camps, és bastant comú en matemàtiques. Hi ha una sèrie d'instituts coneguts arreu del món, alguns d'ells amb una llarga història, que tenen la mateixa tipologia: l'Institut Mittag-Leffler a Estocolm, el Newton Institute a Cambridge, el Banach centre a Varsòvia, el MRSI a Berkeley i molts altres.

Així es podria qualificar el paper del CRM durant els primers 23 anys, com a molt important per a la comunitat, si bé però de caràcter instrumental. Al tombant de segle, la recerca en matemàtiques a Catalunya es troba en un bon estat relatiu, en el sentit que hi ha grups forts en una àmplia gamma de camps de recerca, amb visibilitat i reconeixement internacional, una molt bona taxa de publicació i alta capacitat de formació. Però, sense personal investigador propi, el CRM no tenia cap producció científica i no feia cap contribució directa a l'avanç del coneixement matemàtic.

D'altra banda, si bé, com hem dit, la recerca matemàtica estava en un bon estat de salut, hi havia i hi ha encara un clar biaix cap a les matemàtiques pures. En lloc de tractar de definir què és la matemàtica pura i que no és, diguem que una gran part de la recerca matemàtica

realitzada a Catalunya està motivada per les matemàtiques mateixes, sense cap connexió amb altres disciplines ni rastre de cap interdisciplinarietat. I això en un moment que, en el pla internacional, la investigació matemàtica ha superat els seus límits tradicionals i ha penetrat en nombroses disciplines científiques, gairebé totes. Aquest biaix cap a les matemàtiques pures es va assenyalar en els informes oficials de l'època.

Aquesta és la situació quan el 2007 un nou director va ser nomenat, i va caldre presentar un pla estratègic per al futur. Durant l'any 2007 un nou pla estratègic per al període 2008-2013 es va definir. Aquest pla va portar a la introducció de personal de recerca en el CRM, amb un enfocament vers la matemàtica aplicada i la transferència de tecnologia, i ha servit de base per a l'evolució del centre des d'aleshores.

2. El CRM al final del Pla Estratègic 2008-2013

El pla estratègic per al període 2008-2013 ha tingut dos eixos principals d'actuació:

Eix de Consolidació

En aquest, el CRM continua actuant com un "centre de serveis" en l'esfera internacional, i continua donant suport a la comunitat matemàtica local, mitjançant:

1. L'organització d'activitats científiques d'àmbit internacional i programes d'investigació .
2. Manteniment de programes d'investigadors visitants.
3. Actuar com a plataforma per a atraure al sistema català investigadors reconeguts, amb l'objectiu de millorar i diversificar la recerca matemàtica a Catalunya.

Eix estratègic

Aquest és el nou paper de la CRM. L'objectiu era promoure les línies d'investigació interdisciplinària i col·laborativa, mal representades en el sistema català. Eines en aquesta direcció han estat:

1. La creació i desenvolupament de grups de recerca dins del CRM, cadascun dirigit per un investigador establert.
2. Posar èmfasi en la formació doctoral en àrees interdisciplinàries i col·laboratives.
3. Establir vincles amb altres centres CERCA.

El pla estratègic, i el contracte-programa per al 2008-2013 que el sustenta, foren acceptats i signats per l'administració. El CRM va obtenir un bon contracte-programa, amb un increment anual d'aproximadament el 10%. La previsió era utilitzar la majoria dels recursos en l'eix estratègic, mentre que l'eix de consolidació havia de dependre principalment del finançament competitiu atret pel centre. De forma paral·lela, al començament d'aquest període el nou

director va aconseguir un compromís per part de l'administració per ampliar les instal·lacions de CRM amb fons europeus. El nou edifici va ser acabat en 2010.

Inevitablement, el finançament previst al contracte-programa s'ha vist molt afectat per l'actual crisi econòmica. Les següents xifres mostren el percentatge de la contribució real en relació amb la programada: 2008: 100%, 2009: 100%, 2010: 98%, 2011: 77%, 2012: 67%, 2013: 58,30%.

Les següents seccions proporcionen més detalls sobre l'execució del pla estratègic en els últims anys i l'estat actual del centre.

2.1. Eix de consolidació.

Pel que fa a l'eix de consolidació, sens dubte els objectius s'han assolit plenament. La quantitat d'esdeveniments i activitats organitzades pel CRM a nivell internacional, el nombre de visitants, en suport de la comunitat local, ha estat molt important, tant quantitativament com qualitativament. En termes absoluts, l'activitat de l'organització de CRM mai havia estat tan intensa.

2.1.1. El CRM com a organitzador d'activitats científiques.

El CRM organitza quatre tipus d'activitats, gestionades competitivament:

- Programes Temàtics de Recerca. Consisteixen en períodes de recerca intensiva en una àrea determinada de les ciències matemàtiques i les seves aplicacions, que reuneix investigadors de diferents institucions per treballar en els problemes oberts en l'àrea escollida, i per analitzar l'estat actual i les perspectives de la mateixa. En general, un programa d'investigació al CRM implica un o més grups de recerca d'alguna institució catalana. El comitè científic del CRM selecciona entre les propostes presentades.
- Conferències i *workshops* internacionals. D'una durada de cinc dies, amb conferencians convidats i també conferencians seleccionats pel comitè científic del congrés. El comitè científic del CRM selecciona entre les propostes presentades.
- Els cursos avançats del CRM. També d'una durada de cinc dies, amb 4-5 cursos de 5-6 hores cadascun, a càrrec de professors convidats. Els cursos es publiquen a la sèrie que el CRM té a Birkhauser. El comitè científic del CRM selecciona entre les propostes presentades.
- Jornades Temàtiques. D'un sol dia de durada, es tracta de reunions informals on els grups locals poden utilitzar les instal·lacions del CRM.

El projecte d'àmbit estatal Consolidar Ingenio Mathematica, dels qual el CRM ha estat un dels nodes, ha jugat un paper important en el finançament de totes aquestes activitats. El CRM ha obtingut d'aquest projecte Consolidar un finançament total de 1.460.283 euros. A part, el CRM obtingué finançament competitiu d'altres agències a través d'altres 26 convocatòries menors per un valor de 259.600 euros en els darrers tres anys.

La següent és una taula que resumeix els últims tres anys, 2010-11-12

		any 1	any 2	any 3
Events organitzats pel CRM				
	Programes temàtics de recerca	4(242)	4(161)	3(140)
	Cursos avançats	6 (282)	5 (209)	3(80)
	Conferències i workshops	12 (525)	12 (708)	17(721)
	Jornades temàtiques	3	8	4

¹⁾ Nombre de participants indicat en parèntesi.

2.1.2. El CRM com a centre d'acollida de visitants

El CRM també hostatja diferents tipus de visitants, també a través de convocatòries competitives, que en general venen al CRM per períodes de mitja i llarga durada per a col·laborar amb investigadors locals. Es tracta o bé de professors establerts en universitats de tot el món o bé d'investigadors postdoctorals. En general, CRM cobreix només les despeses d'allotjament, essent la persona / mes la nostra unitat de mesura. En els últims tres anys 2010, 2011, 2012, les xifres han estat, respectivament, 382, 223 i 252 persona / mes.

Actualment el CRM té quatre programes de visitants diferenciats:

- El programa "Visiting the CRM", adreçat bàsicament a investigadors sèniors.
- El programa "Research in pairs at CRM", adreçat a petits equips d'investigadors.
- La plaça de professor visitant "Lluís Santaló", adreçada específicament a investigadors de l'Amèrica llatina, cofinançada per l'IEC.
- El programa DevMath, adreçat a investigadors de països en vies de desenvolupament.

A més, hi ha els programes postdoctorals. Els investigadors postdoctorals actuals del CRM són:

- del programa de la UE people-Marie Curie.
- del programa EPDI (European PostDoctoral Institute) dels quals CRM és un dels nodes, conjuntament amb altres centres d'ERCOM.
- del programa de "Jóvenes tecnólogos" del ministeri de Madrid.
- bé vinculats als grups de recerca del CRM.

Els del programa Marie Curie són autofinançats, mentre que els altres són a càrrec de CRM. La llista dels investigadors postdoctorals del CRM en els últims tres anys apareix a continuació. Els investigadors postdoctorals dels grups del CRM apareixen en negreta.

Cécile Armana , University of Saarland, Saarbrücken (2009, 2010)

Pierre Berger, Université Paris XI (2009)

Andrii Bondarenko, Kyiv National Taras Shevchenko University (2010, 2011)

Abed Bounemoura, University of Warwick (2012)

Sébastien Bubeck , INRIA Nord Europe (Lille) (2010, 2011)

José María Cantarero, University of British Columbia (2009, 2010)

María Teresa Cao, Universidade de Vigo (2012)

L. Houssain El Fadil, Faculté Polydisciplinaire de Ouarzazat (2009)

Vincent Fevrier, Université d'Orsay (2009, 2010)

Pilar Guerrero, Universidad de Granada (2011, 2012)

Javier Gutiérrez, Universitat de Barcelona (2009)

José Manuel Higes, Universidad Complutense (2011)

Gemma Huguet, Universitat Politècnica de Catalunya (2009, 2010, 2011)

Martin Koerwien, Université de Paris VII (2009, 2010, 2011)

Nir Lev, Weizmann Institute of Science, Rehovot (2011)

Jonathan Low, Bristol University (2010, 2011)

Vivek Mallick, Institute of Mathematical Sciences, Chennai (2010, 2011)

Francesco Matucci, Cornell University (2009)

Dieter Mitsche, Universitat Politècnica de Catalunya (2009, 2010)

Moritz Mueller, University of Freiburg (2009, 2010, 2011)

Luis Ortiz, Universitat Politècnica de Catalunya (2012)

Salvador Ortiz, Universitat de Barcelona (2009)

Ekin Ozman, University of Wisconsin-Madison (2010)

Radu Saghin, Northwestern University (2009, 2010, 2011)

Graham Smith, MPI Bonn (2009, 2010)

Edgar Tchoundja, Université de Yaoundé (2009, 2010, 2011)

Marc Thurley, University of California at Berkeley (2011)

2.1.3. El CRM com a plataforma per a atreure matemàtics reconeguts.

Un altre aspecte en què CRM tracta de millorar les Matemàtiques a Catalunya és mitjançant la captació de matemàtics establerts, en totes les especialitats, a través de convocatòries competitives com ICREA. Les sol·licituds individuals dels investigadors han d'anar recolzades per una institució d'acollida mitjançant una expressió d'interès. Aquells que ho sol·liciten al CRM i reben el vist-i-plau del comitè científic del CRM són recolzats pel centre. L'expectativa de CRM és que els interessats s'integrin al sistema i formin un grup amb fons obtinguts principalment a través de projectes competitius. Tot i que el CRM ha presentat una mitjana de quatre candidats per anys, hem tingut èxit només una vegada, amb Sergey Tikhonov.

2.1.4. Publicacions

Durant el període 2008-2013 CRM ha consolidat la seva unitat de publicacions. En l'actualitat hi ha quatre sèries de publicacions al CRM:

- *Preprints CRM*, que consta de prepublicacions tant del personal propi com dels visitants,
- Quaderns del CRM, el qual conté notes preliminars, sovint manuscrites, dels cursos avançats i que es lliuren als participants durant l'activitat.
- La sèrie *Advanced courses in mathematics CRM Barcelona*, on apareixen en edició molt acurada aquells cursos avançats que compleixin els requisits d'originalitat de la sèrie.
- *CRM Documents*, que consta de diversos materials, com ara actes de congressos, de tallers de modelització, resums de programes de recerca, etc

2.2. Eix estratègic

L'objectiu principal de l'eix estratègic ha estat la creació de grups de recerca prioritàriament interdisciplinaris, constituïts per personal propi del CRM. Aquest objectiu s'ha assolit amb èxit.

2.2.1. Grups de Recerca

Tenint en compte els recursos disponibles la política ha estat atreure investigadors en una etapa relativament primerenca de la seva carrera, però ja reconegut en els seus respectius camps. El CRM té actualment els següents grups de recerca:

- Sistemes Complexos, coordinat per Álvaro Corral Cano
- Biologia Computacional i Matemàtica, coordinat per Tomàs Alarcón Cor
- Matemàtica Industrial, coordinat per Timothy Gerard Myers

- Anàlisi Harmònica i Teoria d’Aproximació, coordinat per Sergey Tikhonov
- Epidemiologia Matemàtica, coordinat per Andrei Korobeinikov
- Anàlisi Numèrica i Computació Científica, coordinada per Blanca Ayuso De Dios
- Neurociència Computacional, coordinat per Alexander Roxin
- Matemàtica Financera i Control de Risc, coordinat per Luis Ortiz Gràcia

D’aquests grups, clarament, almenys sis poden ser descrits com veritablement interdisciplinaris. Alguns són molt petits (dos d’ells consten de dues persones). Entre els IP’s, només Álvaro Corral té un contracte laboral permanent. La resta té un contracte tipus “tenure track” de cinc anys, amb l’excepció de Sergey Tikhonov que és investigador ICREA.

El rendiment general ha estat molt satisfactori en termes de publicacions, finançament, formació doctoral, etc. , tal i com es detalla a continuació.

La següent taula detalla les publicacions dels grups de recerca de CRM en els últims 3 anys (2010-2012)

		Time period		
		Year 1	Year 2	Year 3
	1. Llibres i capítols de llibres	4	5	6
	2. Articles en <i>peer reviewed journals</i>	42	30	38
	3. Articles en altres revistes	2	7	5
	4. Reports de treball i prepublicacions	83	97	25
	5. Tasca editorial			
	<i>Advanced Courses in Mathematics</i>	1	3	0
	<i>CRM Documents</i>	5	4	1
	Quaderns	4	3	0

La següent és la llista de projectes de Recerca competitiu captats pels grups del CRM:

1. “Complexity and scale laws in meteorology, natural disasters and human speech”, P.I.: Alvaro Corral. Period: 01/01/2010 to 31/12/2012. Grant: **43.560 €** Code FIS2009-09508
2. “Mathematical modelling of biological populations with complex structure”, P.I.: Tomás Alarcón. Period: 01/01/2012 to 31/12/2014. Grant: **25.773€** Code: MTM2011 – 29342

3. "Mathematical modelling of biological populations with complex structure", P.I.: Tomás Alarcón. Period: 01/01/2011 to 31/01/2012. Grant: **10.000€** Code: MTM2010-11870-E
4. "Harmonic Analysis, approximation theory and extremal problems". P.I.: Sergey Tikhonov. Period: 01/01/2012 to 31/12/2013. Grant: **14.762€** Code: MTM2011-27637
5. "Industrial Applications of Moving Boundary Problems", P.I.: Tim Myers. Period: 01/04/2010 to 30/03/2014. Grant: **100.000€** Code: PIRG06-GA-2009-256417
6. "Moving boundary problems in presence of thin flows". P.I.: Tim Myers. Period: 01/01/2012 to 31/12/2014. Grant: **44.528€** Code: MTM2011-23789
7. "Moving boundary problems in presence of thin flows", P.I.: Tim Myers, Period: 01/01/2011 to 31/12/2011. Grant: **19.481€** Code: MTM2010-17162
8. "Numerical methods for PDE's. New discretization techniques". P.I.: Blanca Ayuso. Period: 01/01/2012 to 31/12/2014. Grant: **11.011€** Code: MTM2011-27739-C04-04
9. "Mathematics of Financial Engineering", P.I.: Sebastian del Baño/Salvador Ortiz. Period: 01/09/2009 AL 31/08/2011. Grant: **35.000€** Code: MTM2009-06647-E
10. "Scaling, complejidad y predictibilidad en fenómenos atmosféricos y formas de comunicación", P.I.: A.Corral, 01/01/2013 – 31/12/2015, Grant: **24570€** Code: FIS2012-31324
11. "Codificación y consolidación de la memoria: un estudio computacional", P.I.: A. Roxin, 01/01/2014 – 31/12/2015, Grant: **105.300€** Code: BFU2012-33413

2.2.2. Formació en recerca

La formació ha estat una prioritat en CRM en els últims anys. Actualment el CRM compta amb 10 estudiants de doctorat la tesi dels quals s'espera que estigui acabada en els pròxims tres anys. Dos nous estudiants de doctorat s'incorporaran el setembre de 2013. Aquests 12 estudiants són supervisats per personal investigador del CRM. Abans que el CRM tingués els seus propis grups de recerca 5 tesis van ser supervisades per investigadors de les universitats catalanes.

La llista de tesis doctorals i de mestratge defensades en CRM des de l'any 2008 és la següent.

Tesis doctorals

1. Somayeh Heidarvand, Abril 2011, "Privacy-Providing Signatures and Their Applications"
2. Albert Ferreiro Castilla, Setembre 2011, "Stochastic Calculus and Analytic Characteristic Functions, Applications to Finance"
3. Juan José Rivaud, Setembre 2011, "Mathematical Models for Bacteria-Phage Interaction Experiments"

4. Luis Ortiz Gracia, Novembre 2011, "Hear Wavelets-Based Methods for Credit Risk Portfolio Modelling"
5. Pedro Ernesto García, Juny 2012, "Noise-induced reversals in bistable visual perception"

Tesis de Master (els estudiants actualment treballant per a un doctorat amb un grup del CRM es mostren en negreta)

1. Anna M. Kedzierska, Desembre 2008, "Bayesian Network Studies for Splicing Regulatory Elements"
2. **Francesc Font Martínez**, Desembre 2009, "Probability Distribution of the Radionuclide Half-Lives"
3. Sundus Zafar, Juliol 2009, "Mathematical Modelling and Analysis of the Interaction of Populations of Bacteria and Bacteriophages within Chicken Intestine"
4. Oliver Valero, Juny 2010, "An alternative procedure to generate a more accurate GLM model to compare MRI cortical thickness to study neurodegenerative diseases"
5. Emiliano Sánchez, June 2011, "Study and Implementation of some Quantitative Trading Models"
6. **Michelle de Decker**, Juliol 2010, "Methods for Solving 1D Stefan Problems with Application to Contact Melting"
7. Miquel Teixidó, Juliol 2011, "Hamiltonian Methods in Stability and Bifurcations Problems for Artificial Satellite Dynamics"
8. Sandra Alvarez, Novembre 2011, "Semi-Analytical Implementation for the Name Concentration Measurement in a Credit Portfolio"
9. **Daniel Sánchez**, Novembre 2011, "Stability and Stochastic Models of Hierarchical Cell Populations"
10. Soheil Hajian, Novembre 2011, "An Energy Preserving Discontinuous Galerkin Method for Vlasov-Poisson System"
11. Nina Asadipour, Gener 2012, "Modelling of Non-linear Viscoelastic Tissues with Bar Elements"
12. Oliver Planes, Setembre 2012, "Disipación y energía de los ciclones tropicales: ajustes y test de bondad de ajuste"
13. Abhishek Awasthi, Setembre 2012, "Clustering Algorithms for Anti-Money Laundering Using Graph Theory and Social Network Analysis"
14. Julián Cifuentes, Desembre 2012, "Stochastic Optimal Bid to Electricity Markets with Environmental Risk Constraints"
15. **Vicent Ribas Ripoll** Març 2012 "Study of the Prognosis in the Intensive Care Unit"
16. **Anna Sáez de Tejada**, Setembre 2012 "Mathematical modelling of the blood pressure signal"

2.2.3. Xarxes Temàtiques

En certes àrees de recerca el CRM no té prou massa crítica però hi ha grups de recerca relacionats amb l'àmbit a altres institucions de Catalunya. Per a aplegar aquests investigadors, coordinar activitats, atreure finançament i promoure sinergies el CRM va crear el concepte de "Xarxa Temàtica". Actualment hi ha dues xarxes, la de Neurociència Computacional i la de Finances Quantitatives. Les seves activitats es poden consultar a <http://www.crm.cat/en/Research/Pages/ThematicNetworks.aspx>

2.2.4. Col·laboradors Científics

Per a promoure la investigació en col·laboració amb altres institucions i la indústria el CRM ha creat la figura de "col·laborador científic". Un col·laborador científic és un investigador en general contractat per una altra institució, que passe part del seu temps al CRM col·laborant amb investigadors de CRM i que utilitza infraestructura del CRM per a la seva recerca. Actualment CRM compta amb quatre col·laboradors: Yvon Rodríguez Villareal, Claudia Trejo Soto i Aurora Hernández-Machado, que pertanyen al grup de recerca en " dinàmica de la interfície en la nanotecnologia, de fluids i Biofísica", de la Universitat de Barcelona, i Vicent Ribas, de Sabirmedical.

2.2.5. Transferència i Laboratori experimental

El CRM ha creat una unitat de transferència de tecnologia i coneixement, que treballa per a posar en contacte la investigació feta al CRM amb el món de l'empresa i la indústria, promou projectes conjunts amb empreses i altres centres, i dóna a conèixer en general la potencialitat del centre en consultoria i oferta de serveis.

El soterrani del CRM conté un laboratori experimental per a l'estudi de la reologia i microfluídica. S'utilitza principalment pel grup de recerca en Biologia Matemàtica i els col·laboradors de la UB esmentats anteriorment. Els experiments ho són principalment en flux de sang i, en particular, els canvis que es produeixen en el flux en la presència de malalties. CRM és un dels pocs centres de matemàtiques al món amb un laboratori experimental.

2.3. Estructura organitzativa del centre

L'estructura del centre ha anat evolucionant cap el format estàndard per a un centre CERCA, a saber:

- Consell de Direcció. Aquest és el màxim òrgan de govern del centre, format per quatre representants de la Generalitat nomenats pel Conseller d'Economia i Coneixement, tres representants de l'IEC i un representant de la UAB.
- Equip de direcció, nomenat pel consell de direcció i en l'actualitat consistent en el director de CRM, el director adjunt i el director honorari Dr M. Castellet.

- Comitè científic del CRM. El seu paper és assessorar el consell de direcció i l'equip de direcció en la definició de la política científica del centre i en tots els processos d'avaluació. El comitè està format per especialistes reconeguts, principalment europeus.
- Comissió Executiva . Encara que no s'esmenta en els estatuts, el comitè executiu ha estat posat en marxa al CRM per ajudar al director en la gestió del centre del dia a dia, resoldre afers urgents, de tràmit, etc. Aquest comitè està compost pel director, el director adjunt, el gerent i un representant del personal d'investigació.
- Comissió d'investigació . Serveix per aportar al director els punts de vista dels investigadors contractats del centre en relació a les polítiques de recerca. Està compost pel director, el director adjunt i els investigadors principals.
- Comitè editorial. S'ocupa de la producció de totes les publicacions de CRM. Està compost pel director adjunt, l'editor de la sèrie a Birkhäuser, i una persona d'administració tècnica d'edició.
- Assemblea General de la CRM. Reuneix periòdicament tots els treballadors del centre, tant d'administració com personal investigador, per analitzar la situació actual del centre.
- També val la pena assenyalar que el personal d'investigació, a més dels contractes administratius, signa un annex que detalla la política de CRM en una sèrie de qüestions: períodes d'absència, la propietat intel·lectual i industrial, drets i deures, activitats de transferència, activitats de consultoria, etc. El personal d'investigació disposa també del document de pla de carrera del CRM, que defineix les tipologies dels diferents contractes, els processos d'avaluació corresponents. etc.

L'administració del CRM està dirigida pel gerent, i que inclou les següents unitats:

- La unitat de comptabilitat. S'ocupa dels informes econòmics, auditoria, aspectes financers dels projectes d'investigació.
- La unitat d'organització d'activitats científiques, a càrrec de l'organització dels esdeveniments científics.
- La unitat de transferència de tecnologia i coneixement.
- La unitat de Tecnologies de la informació, a càrrec de la xarxa informàtica, comunicacions, web etc.
- La unitat institucional, adjunta al director, que s'ocupa dels aspectes més institucionals, les relacions exteriors del centre, la difusió, etc.

2.4. L'avaluació del CRM per CERCA

El CRM ha estat avaluat recentment per un comitè d'avaluació (CA) nomenat per CERCA. Reproduïm a continuació l'informe emès per aquest comitè.

1. In the mission statement of the centre, two different aspects can be distinguished. Evolving as a reference research centre of international level, and on the other hand, organizing research and teaching activities in Catalonia for the progress of research at international level, including attracting visitors and scientists, organizing conferences, among others.

1.1. Conclusion: Regarding the first aspect in the mission statement of the Centre which is related to the setting of CRM as a research centre of international recognition. The EC believes that the research task developed by CRM is still a small fraction of the whole Centre activities, due to the short-dimensioned scientific staff. However, the research undertaken is really significant and the level is good according to the international standards. But the EC believes that the research groups, as well as the total number of researchers in the Centre, are small. The EC is conscious of the difficulty for solving this problem in the short term, due to present restrictive economic circumstances.

Recommendation (1): In order to improve the research approach of CRM, the EC recommends intensifying contacts and collaborations with universities and other CERCA centres having challenging problems in mathematics. This could be facilitated by CERCA.

1.2. Conclusion: Regarding this second part of the mission, the EC believes that CRM is absolutely fulfilling its objective since it has undertaken a high-quality and valuable activity for the system, which is a feature of the mathematics research communities abroad.

Recommendation (2): The only objection on this issue would be that a certain economic return from this activity should be expected. CRM is behaving in a very generous way towards the system, but sometimes the system is not giving back to CRM a return for this kind of profitable activities. Origin institutions might pay for a part of the expenses of visitors.

2. Conclusion: As regards to the competitive projects developed in CRM, the EC believes that, although there are no European funding programs singularly devoted to mathematical topics, there are still some opportunities in other disciplines programs. For instance, any kind of program related to areas where mathematics may have an important role.

Recommendation (3): CRM should explore this sort of project calls in order to determine in which of them the Centre might participate in the next future. The CRM should also try to apply at the ERC calls (fundamental research, including Mathematics).

3. Conclusion: CRM is currently playing a key role providing to the Catalan research system some positions of postdocs and others, but the Centre is not getting any return from this field of activity.

Recommendation (4): The opinion of the EC is that this return should be obtained and encourages the Centre to achieve or intensify, for instance, affiliated researchers coming from the university. This kind of arrangements would enlarge, even more, the prestige of CRM among the scientific mathematical community in Catalonia.

4. Conclusion: Concerning the activity of attracting visitors and research staff positions to Catalonia, the EC believes that CRM is proceeding properly, through international open calls and subsequent appointments by a Selection Committee (consisting of the CRM Director and three experts nominated by the Scientific Advisory Board).

5. Conclusion: Regarding technology transfer activities, the EC believes that the hiring of two people in CRM devoted to these tasks is a markedly positive initiative. The EC also appreciates the work they perform when looking for companies and detecting their needs to be faced by mathematical solutions.

Recommendation (5): However, the EC believes that CRM should get some return of the external services offered, maybe by fees or other kind of economic return. As a broad range of different typology of companies/centres can be approached (finance, mathematical software tools, manufacturing, nanotech, robotics, ...), it is recommended to design tailor-made services adapted to each particular sector.

6. Conclusion: The EC detects that the motivation of the researchers to undertake technology transfer activities should be stimulated.

Recommendation (6): A system of incentives might be implemented in CRM, not necessarily in a monetary way, may be in kind, for those researches partially involved in technology transfer activities, as a complement of the research activity.

Recommendation (7): Moreover, CRM should develop a document concerning intellectual and industrial property policy in the Centre. If CRM involves the researchers in the elaboration of this document, that might produce a positive reaction supporting this kind of activities. Particular attention should be drawn to the potentially patentable results. External agents are useful once inventions have been detected but monitoring the research results and detecting inventions should be responsibility of the technology transfer staff. This is also applicable to collaborative research projects.

Recommendation (8): The EC believes that the experimental lab in Rheology and Microfluidics, due to its singularity, could represent an opportunity to find some private companies partners to collaborate with CRM.

Recommendation (9): At the same time, the EC believes that there is also an excellent opportunity to offer external services to other CERCA institutes.

7. Conclusion: The EC detects that, at present, there is not even an attempt to offer mathematical services to international companies.

Recommendation (10): CRM should make an effort to start these contacts, since the Centre might surely be successful as well at the international context.

8. Conclusion: The EC is aware that CRM is collaborating with the MATH-RED network, which is developing technology transfer activities in a successful way.

Recommendation (11): CRM should make some benchmarking tasks with this network in order to learn the way they perform these technology transfer activities and trying to apply what is done at the network in the CRM.

9. Conclusion: As regards to the management policy of the Centre, the EC considers that the CRM personnel dedicated to management tasks performs properly. Moreover, the ratio between the personnel devoted to administration and the personnel devoted to research activities is found to be appropriated.

10. Conclusion: Changing the subject, the ratio between core funding (provided by Trustees) and the external economic funds was of about 0.37 in 2011 (0.75 M€ vs. 2.05 M€), which is found to be good. However, the EC warns that this figure may severely change in the next future due to the fact that the Consolider Ingenio Mathematica Project is completed, and it has

provided an important fraction of the total amount of competitive funding during last years (the Consolider total funding for CRM was 1.46 M€).

Recommendation (12): Consequently, the EC encourages again CRM to do the maximum effort in obtaining new sources of external funding.

11. Conclusion: CRM has made too valuable efforts to promote dissemination and outreach of mathematics in a very creative way.

2.5. La Barcelona Graduate School of Mathematics (BGSMath)

Institucionalment parlant, en l'actualitat s'està desenvolupant un procés important, l'establiment de la Barcelona Graduate School en Matemàtiques (BGSMath), amb forta implicació del CRM i del seu director.

Aquesta estructura està sent promoguda per les quatre institucions principals en Matemàtiques a Catalunya: la Facultat de Matemàtiques de la UB, el Departament de Matemàtiques de la UAB, la Facultat de Matemàtiques i Estadística de la UPC i el CRM, veure [http://www.bgsmath . cat /](http://www.bgsmath.cat/). Inicialment, comença com una estructura per unificar l'oferta de formació doctoral per a la recerca matemàtica a Catalunya. En el futur, és molt probable que aplegui la formació a nivell de màster i esdevingui també una estructura per a sumar esforços en recerca, en la línia de la BGSE.

Atès que el CRM no té programes propis de mestratge ni de doctorat, les tres principals universitats tenen molt més que aportar i molt més per aconseguir d'aquesta estructura. No obstant això, és molt important que el CRM hi sigui present des del principi.

Actualment s'està considerant la qüestió, indefugible, de dotar d'entitat jurídica pròpia a la BGSMath. Hi ha dues possibles vies: constituir un consorci o fundació nou en la línia de la BGSE, o bé utilitzar el mateix CRM. Veure apartat 3.2.7.

2.6. Fortaleses i debilitats actuals del CRM

2.6.1. Fortaleses del CRM

- CRM té reconeixement internacional i impacte en la comunitat internacional com un centre de serveis.
- CRM té una participació institucional activa a nivell europeu a través de ERCOM i la EMS (Societat Matemàtica Europea)
- CRM té una molt bona administració i logística com un centre de serveis. Molt bones instal·lacions, amb capacitat per a albergar activitats complexes i de llarg termini, com els programes de recerca intensiva.
- CRM té una molt bona taxa de rendiment. Amb recursos limitats porta a terme una àmplia gamma d'objectius.

- CRM juga un paper transversal en Matemàtiques a Catalunya i ajuda a la creació de sinergies entre les diferents institucions i els seus investigadors.
- CRM té un ampli espectre, la seva activitat general cobreix essencialment totes les branques de les matemàtiques.
- CRM té molt dinamisme i capacitat d'adaptació a les noves interfícies, millor que els departaments universitaris típics.
- Els grups de recerca de CRM constitueixen una oportunitat molt atractiva per als joves que busquen la formació en recerca en matemàtica aplicada i col·laborativa.

2.6.2. Febleses del CRM

- El paper de la CRM com un centre de tot el sistema en Matemàtiques no està ben reflectit en el seu disseny institucional.
- Els grups de recerca del CRM són petits i emergents, massa joves per a ser prou competitius per a projectes europeus.
- Els projectes de recerca competitius obtinguts pels investigadors principals de CRM tenen petita dimensió, que implica una baixa aportació com a *overheads*.
- Tot i que la necessitat de desenvolupar la investigació cooperativa en matemàtiques és un tema recurrent en el discurs dels responsables de formular polítiques d'investigació, són molt pocs els matemàtics i estudiants de postgrau que es comprometen en aquesta direcció.
- Els grups de recerca del CRM difícilment poden competir en les convocatòries competitives locals estàndard amb els grups establerts de molt llarga tradició en matemàtica fonamental.
- Els investigadors de CRM no són prou visibles entre els estudiants de màster i estudiants de grau.
- El finançament del CRM és massa dependent del sector públic.
- Experiència limitada en la transferència de coneixement. Dificultats de comunicació del potencial del centre.
- Necessitat d'un finançament estable per donar suport als programes d'investigació de CRM. Els programes d'investigació de CRM constitueixen probablement l'esforç més visible i apreciat del CRM a escala internacional. El CRM necessita estabilitat del finançament per organitzar-los adequadament.
- Pocs recursos eficients per al càlcul científic intensiu.

3. El pla estratègic del CRM pel període 2014-2019

3.1. Finalitat

El propòsit d'aquest pla és doble:

- Servir de full de ruta per a la política científica del centre durant els propers anys.
- Servir com a base, eventualment, per negociar un nou contracte amb la Generalitat, que ha de proporcionar CRM amb recursos estructurals estables.

Creiem que el que CRM ha estat fent en el marc del pla 2008-2013 està completament alineat amb la seva missió i, el que és més important, és útil per a la comunitat, tant a curt com a llarg termini. Pensem, doncs, que una certa continuïtat en la política científica sembla apropiada. No obstant això, en certa forma el CRM està tractant de fer massa coses en comparació amb els recursos disponibles. Per tant, una reformulació, tant quantitativa com qualitativa, és oportuna.

A continuació detallem les polítiques que es proposen i els objectius associats.

3.2. Polítiques orientades a la recerca

3.2.1. El CRM com a pol atractor d'investigadors a Catalunya

- El CRM ha de seguir actuant com a plataforma per atreure a aquells matemàtics consolidats disposats a establir-se a Catalunya, i integrar-los en el sistema, independentment de la seva especialitat, ja sigui a través d'ICREA, o sistemes similars. Aquestes convocatòries competitives inclouen un procés de selecció d'alt nivell i donen lloc a posicions autofinançades, totalment o parcialment. Un dels grans avantatges dels centres CERCA és el seu sistema de governança, flexible i adequat per respondre de forma ràpida a les noves oportunitats. Per tant, si el sistema és capaç d'atreure bons investigadors, el CRM ha d'actuar com un centre d'acolliment. El CRM no ha tingut molt èxit en els darrers anys en aquest sentit (un investigador ICREA en cinc anys).

Objectiu 1: atraure al CRM dos investigadors consolidats addicionals en els propers sis anys. CRM farà una prospecció cada any i presentarà les corresponents expressions d'interès.

- La mateixa política s'aplica als investigadors a través de programes com Marie Curie (MC) i Ramón i Cajal (RyC).

Objectiu 2: atraure al CRM una mitjana de 1,5 investigadors júnior/ any en els propers sis anys a través de MC i RyC.

3.2.2. El CRM i la recerca aplicada i col·laborativa en Matemàtiques

De la mateixa manera que en anys anteriors, el CRM ha de treballar per compensar l'actual biaix cap a la matemàtica fonamental a Catalunya, utilitzant fons estructurals disponibles per a millorar les àrees interdisciplinàries i la recerca col·laborativa, l'establiment d'interfícies específiques amb universitats i altres centres CERCA, i posant èmfasi en la formació doctoral dels estudiants de matemàtiques en les mateixes.

Creiem que una política científica precisa és necessària a fi d'optimitzar l'ús dels recursos estructurals del CRM, i més tenint en compte l'actual escenari econòmic i les expectatives per als propers anys. És aconsellable fer una prioritització de certes àrees estratègiques amb les següents premisses:

- En primer lloc, CRM no hauria d'obrir noves interfícies/àrees, sinó més aviat consolidar les emergents que ja existeixen, obrint eventualment noves línies d'investigació específiques en les mateixes.
- En segon lloc, cal tenir en compte la permeabilitat i les sinergies amb altres parts del sistema (universitats i altres centres d'investigació), el potencial de transferència de coneixement, el potencial de formació, i el impacte en l'entorn científic, que les àrees han demostrat en el anys anteriors.

En aquests termes, creiem que el nostre objectiu ha de ser la consolidació de les següents àrees genèriques i les interaccions entre elles:

Biologia Matemàtica (en el sentit ampli)

Matemàtiques Financeres

Matemàtica Industrial

Matemàtica dels Sistemes Complexos

Objectiu 3: Aconseguir al final del pla 2014-2019, una unitat de recerca consolidada, en Matemàtica Aplicada Col·laborativa, consistent en tretze investigadors (IP's) en les àrees abans esmentades.

Igual que en anys anteriors, i tenint en compte els recursos disponibles, el CRM no ha de mirar d'incorporar investigadors plenament establerts, sinó investigadors independents en clara progressió en seva carrera acadèmica, per tal que creixin i es consolidin al CRM.

D'una manera particular volem destacar aquí la conveniència estratègica d'obrir una nova línia d'investigació en Biologia Matemàtica. En efecte, l'escenari actual ha evidenciat la importància creixent de l'anomenat "Big Data Analysis (BDA)", i són moltes les iniciatives a nivell de sistema que en aquesta línia han arrencat o estan arrencant, com per exemple BioInformatics Barcelona (BIB). Són essencialment dos els fronts del BDA: el BDA aplicat al data mining, investigació comercial, etc., que actualment està coneixent un boom a escala mundial, i el BDA

aplicat a les ciències de la salut, especialment les òmiques. En el BDA hi ha una confluència de metodologies: ciències de la computació, intel·ligència artificial, etc. Ara bé, és fonamental la component metodològica que pot aportar les Matemàtiques i l'Estadística, la que finalment està a la base del algoritmes.

En converses mantingudes a partir del Gener 2014, el CRM i el Centre de Regulació Genòmica (CRG) han acordat ajuntar esforços per a la creació d'una unitat mixta CRM-CRG en "Exploratory Data Analysis". L'objectiu de la mateixa seria, des de la perspectiva del CRG, col·laborar amb diversos grups del CRG en temes de reducció de dimensionalitat, visualització de dades, NGS data, multiescala temporal, etc., i des de la perspectiva del CRM, aportar innovacions metodològiques en aquests camps i fer recerca, amb èmfasi en els aspectes matemàtic-estadístics, i sobretot vehicular la formació doctoral de graduats en Matemàtiques i en Estadística en els mateixos.

Objectiu 4. Creació d'una unitat mixta CRM-CRG en Exploratory Data Analysis.

3.2.3. La creació de sinergies entre els grups

En analitzar l'activitat de recerca al CRM hom s'adona que hi ha dues metodologies, dues maneres de fer duals diferents en el si dels nostres grups:

- Una investigació focalitzada en els problemes. Es fa èmfasi en la resolució de problemes, i utilitzant per a això totes les possibles eines i els mètodes matemàtics que calgui, nous o vells.
- Una investigació focalitzada en les eines. Es domina una tecnologia determinada i es fa èmfasi en la seva aplicació a una sèrie de problemes.

D'altra banda, una anàlisi dels resultats obtinguts durant el pla estratègic 2008-2013 mostra que no hi ha sinergies reals entre ells, en termes de col·laboracions conjuntes o projectes conjunts d'investigació. El CRM ha de fer tot el possible per promoure les sinergies reals entre el personal de recerca. Com s'ha assenyalat a l'avaluació, els grups de recerca de CRM són massa petits per a ser competitius a nivell europeu. Promoure sinergies entre ells sembla ser l'única manera realista per compensar això i guanyar massa crítica i competitivitat a escala europea. Cal incorporar una tercera manera de fer:

- Extreure d'un conjunt de contextos col·laboratius, potser molt diferents, el què tenen en comú en termes de modelització matemàtica, per aplicar-la a aquests i eventualment a altres.

Dos objectius concrets es poden formular a aquest tema

Objectiu 5: millorar la cooperació entre els grups de recerca amb una acurada planificació a mitjà i llarg termini en la preparació de propostes a convocatòries competitives.

Per explicar-ho millor, l'estratègia que en el CRM s'ha seguit en els últims anys, a imitació del que és tradicional a les universitats, en el sentit de tenir "un projecte per a cada grup de recerca" no és necessàriament òptima. No cal que tots els investigadors del CRM siguin PI.

CRM ha d'impulsar el desenvolupament de projectes de recerca amb una base i un espectre més ampli.

Objectiu 6: promoure la codirecció de tesis de doctorat dins del CRM.

3.2.4. Les xarxes temàtiques i els investigadors col·laboradors del CRM

Les xarxes temàtiques de CRM han demostrat ser una eina útil per promoure sinergies entre tots els agents d'un camp específic, però necessiten una redefinició més clara. La seva funció principal ha estat bàsicament crear una massa crítica en certes àrees, no tradicionals. En establir les xarxes i ajudar-les, el CRM ha estat també molt generós. En els propers anys, haurien de ser el instrument adequat en relació amb la recomanació (4) del comitè d'avaluació, a saber, l'afiliació al CRM d'investigadors d'altres institucions que participen en les xarxes temàtiques.

Objectiu 7: augmentar el nombre de col·laboradors del CRM d'altres institucions, en particular els que participen en les xarxes temàtiques de CRM

També caldria incorporar aquesta figura als estatuts del CRM.

Objectiu 8: per posar en marxa altres xarxes temàtiques en un futur proper, per exemple, en Biologia de Sistemes, o Epidemiologia Matemàtica.

3.2.5. El paper de CRM en la formació d'investigadors

La formació en recerca és d'allò més important en el CRM. L'èmfasi s'ha de posar en la formació d'estudiants de doctorat en les àrees col·laboratives, ja que aquesta és la forma més eficaç de corregir el biaix existent al que hem fet referència anteriorment.

Per tal d'atraure estudiants motivats als programes de formació del CRM, és necessari implementar algunes accions divulgatives ja en les primeres etapes.

- A nivell de secundària, s'han posat en marxa algunes accions, com ara la participació d'investigadors del CRM com cotutors per als estudiants de batxillerat que opten per desenvolupar el seu projecte d'investigació obligatòria en matemàtiques. Per tal que siguin efectives cal trobar canals efectius de comunicació amb els professors de secundària i els representants institucionals.

Objectiu 9: Arribar a una mitjana de dos estudiants de secundària per any que facin el seu treball d'investigació en el CRM.

Objectiu 10: Enfortiment de les activitats de difusió dirigides als joves (Saló del Ensenyament, Fira de la Ciència, entrevistes gravades, etc) per comunicar els valors de la investigació matemàtica a la societat.

- A la universitat, és essencial que el personal de recerca del CRM sigui conegut pels estudiants de grau i de màster prometedors. Eines que s'utilitzaran en aquest sentit són:

Objectiu 11: Designació dels investigadors de CRM com col·laboradors científics a les universitats. Els actuals acords amb universitats ho permeten. A més, el projecte BGSMath tindria un efecte molt positiu en aquest aspecte.

Objectiu 12: Millora i potenciació del programa d'estades d'investigació en el CRM d'estudiants de grau i màster. Hauríem d'arribar a una mitjana de 4 estades per any.

• Pel que fa als estudiants de doctorat, la integració del CRM en la BGSMath aconsella que tots els esforços de CRM en aquest camp siguin visibles a través de la creació d'una *Unitat de Formació Doctoral CRM (UFD-CRM)*, en l'esperit dels centres de formació doctoral EPSRC al Regne Unit. L'objectiu d'aquesta unitat seria doble:

- A nivell intern, per proporcionar estructura i cohesió al conjunt dels estudiants de doctorat en el CRM, encoratjant ja a aquest nivell l'aparició de sinergies entre ells. Els estudiants no han de ser estudiants de doctorat d'un grup específic de recerca, sinó del CRM.
- Externament, per guanyar visibilitat i adquirir progressivament prestigi i reputació.

Objectiu 13: Crear i consolidar la Unitat de Formació Doctoral CRM (UFD-CRM)

Aquestes són les principals característiques que proposem per a la UFD-CRM:

- Els estudiants hi romandran un màxim de 3,25 anys. Els tres primers mesos amb un contracte de formació en què coneixeran les diferents oportunitats de formació en el CRM. Un director de tesi seria nomenat al final d'aquest període i, si convé, amb un codirector d'una altra institució o centre CERCA.
- Els contractes seran anuals renovables, subjecte a avaluacions positives, de fins a tres anys.
- La unitat tindrà el seu programa anual de formació per als seus estudiants, que consistirà en un cicle de cursos avançats per a ser impartits per investigadors del CRM i / o col·laboradors de les xarxes temàtiques. Aquests cursos s'adreçarien, a través d'BGSMath, a tota la comunitat d'estudiants de doctorat en l'àrea de Barcelona, i es centrarien principalment en les quatre àrees col·laboratives prioritàries. Aquest programa seria complementat amb seminaris (en particular els seminaris conjunts dels diferents grups, per millorar la comunicació en seminaris) i sobre temes d'interès general (programació, l'ús de *toolboxes*, eines d'optimització, etc.).
- Cada alumne de la unitat ha de seguir almenys un curs per semestre.
- Un seminari de recerca organitzat sobre una base mensual participat exclusivament pels estudiants.
- *Workshop* anual on els estudiants presentaran l'estat actual de les seves tesis.
- Requisits de mobilitat per als estudiants
- La unitat comptarà amb un coordinador, escollit entre els IP's.

L'objectiu principal d'aquesta unitat, la UFD-CRM ha de ser:

Objectiu 14: Aconseguir una taxa mitjana de dos Ph.D. tesis per any durant el pla 2014-2019.

- Els investigadors postdoctorals són importants almenys des de dos punts de vista: el d'ampliar i diversificar els interessos científics i, un cop més, augmentar la competitivitat dels nostres grups de recerca, sinó també pel seu paper en la formació d'investigadors. Cal un equilibri entre el nombre d'estudiants de doctorat i postdoctorals en tot moment. No obstant això, cal observar que en els últims anys, totes les posicions postdoctorals s'han finançat a través de fons estructurals, cosa que no serà possible en els propers anys. Cal fer un esforç per a obtenir recursos per a posicions postdoctorals a través dels projectes competitius.

Objectiu 15: Obtenir recursos per a posicions postdoctorals en els projectes competitius atrets pels investigadors del CRM.

La majoria dels centres del sistema CERCA disposen de finançament privat per als seus plans de formació en recerca.

Objectiu 16: Obtenir recursos del sector privat per a la formació doctoral i postdoctoral en el CRM.

3.2.6. Descripció de les principals línies d'investigació dels PI per als propers anys

L'avaluació per part de CERCA estableix que la investigació duta a terme en els últims anys és realment significativament i que el nivell és bo d'acord amb els estàndards internacionals. Una continuïtat en aquestes línies d'investigació és, doncs, aconsellable. A l'annex 1 s'inclou una descripció de les principals línies.

3.3. Polítiques orientades al sistema

3.3.1. El CRM i la BGSMath

En la situació descrita a 2.5., i per tal de donar entitat jurídica a la BGSMath, pensem que la solució més fàcil i que dona la solució més ràpida al problema és l'encaix de la BGSMath dins el CRM. Això passaria per:

- Adscriure el CRM com a institut universitari de recerca a les quatre universitats: UAB (ja ho és), UB, UPC i UPF.
- Fer una reforma dels estatuts del CRM incloent la BGSMath dins l'estructura del CRM

Els convenis d'adscripció haurien de definir la figura d'investigador adscrit o afiliat al CRM, així com tots els aspectes relatius a la col·laboració de totes les cinc institucions promotores en el camp dels màsters i el doctorat.

Evidentment, això potenciarà el CRM com a autèntic "centre de sistema" i incidirà en algunes de les febleses detectades, així com en algunes de les recomanacions del comitè d'avaluació.

Objectiu 17: Completar el redisseny institucional del CRM integrant la BGSMath dins l'estructura del CRM.

3.3.2. El CRM com a centre ERCOM organitzador d'activitats

Pel que fa a les activitats científiques organitzades en el CRM, l'èmfasi s'ha de posar en els programes de recerca temàtics. Aquests són ben apreciats per la comunitat local, que tradicionalment hi participa, i tenen també una bona visibilitat internacional. Els programes de recerca del CRM tenen una menor escala i dimensió que els organitzats al Mittag-Leffler o al Newton Institute, però precisament la tendència és ara cap a programes menys complexos. Econòmicament, la política de CRM és oferir als promotors un finançament bàsic que cobreix les despeses d'allotjament de quatre visitants per mes, i tota l'administració del CRM i serveis de forma gratuïta. Això assegura que s'executa el programa amb un perfil bàsic, i si els promotors porten altres fonts de finançament el programa pot augmentar la seva dimensió.

Objectiu 18: CRM ha de trobar finançament estable per als seus programes de recerca temàtica fora del sector públic.

Les conferències, *workshops* i cursos avançats han d'acceptar-se de forma molt selectiva i autofinançar-se a través dels drets d'inscripció i el finançament competitiu atrets pels promotors. Seguint la recomanació 2.2.5,

Objectiu 19: CRM ha d'obtenir un rendiment econòmic de l'organització d'esdeveniments científics en el centre, per exemple, un percentatge fix dels ingressos procedents dels drets d'inscripció.

Un altre tipus de retorn seria

Objectiu 20: requerir als coordinadors dels programes de recerca i els visitants a llarg termini d'usar també una afiliació temporal al CRM quan signen documents originats durant la seva estada al centre.

3.3.3. El CRM com a centre promotor de la mobilitat dels investigadors

Pel que fa als programes dels visitants del CRM (*Visiting CRM, Research in Pairs*, plaça de professor visitant Lluís Santaló, programa *DevMath* d'ajuda al desenvolupament), els dos primers s'haurien de limitar als visitants amb fons propis (o finançats pels grups d'acollida), mentre que els dos últims ha de buscar finançament extern .

Objectiu 21: Obtenir un finançament estable per als programes de visitants DevMath i Lluís Santaló.

3.4. Polítiques orientades a la captació de recursos i la transferència

3.4.1. Projectes de recerca

Com s'ha assenyalat per la CA, en certa manera el CRM té un dèficit en els projectes de recerca competitius a escala europea i internacional. Ja s'ha esmentat que la promoció de sinergies entre els grups de CRM per tal que alguns d'ells hi optin de manera conjunta podria ser una política adequada. Un primer pas a realitzar és analitzar acuradament quines són les possibilitats per a la investigació matemàtica en el programa Horitzó 2020, els *flag projects* etc, i treballar per establir aliances útils amb altres centres.

Objectiu 22: Augmentar la participació del CRM en projectes de recerca finançats per la UE.

La CA esmenta també els esquemes de finançament de l'ERC. Aquests són esquemes basats en l'excel·lència individual, i és per ara molt clar que les aplicacions a ERC han d'estar molt ben preparades. El CRM ha de millorar en la preparació de les propostes a ERC i particularment presentar-les en el moment adequat.

Objectiu 23: aconseguir almenys un projecte d'ERC durant els propers sis anys.

3.4.2. Transferència de coneixement i serveis a les empreses.

La transferència de coneixements, la participació en projectes comuns amb indústries i, en general, l'obtenció d'accés al finançament no públic és molt important per a la viabilitat de l'actual pla estratègic. CRM ha fet recentment un esforç per posar en marxa una estructura interna amb aquesta finalitat, la contractació de dues persones per actuar com a interfície amb les empreses, les indústries i els organismes de finançament. El document esmentat en la recomanació (7) de la CE ja existeix, i aquestes qüestions ja es consideren en els annexos dels contractes. Tot i que la participació dels investigadors en aquest tipus de tasques s'ha d'estimular, no cal oblidar que la recerca, és a dir, la creació de nou coneixement matemàtic, i la formació en investigació, són els objectius més importants per a un investigador del CRM. La participació en la transferència de tecnologia i consultoria té un sentit si sorgeix naturalment com un benefici addicional i no interfereix seriosament amb ells, i sempre de forma voluntària.

La tradició a Catalunya en aquest àmbit és molt limitada, i encara més per als matemàtics. En aquest context, una política correcta és de nou per unir esforços amb altres iniciatives amb objectius similars. La participació de CRM en la xarxa Math-in, és d'esperar que porti a alguns projectes. Aliances amb el Servei d'Estadística de la UAB i el Servei de Consultoria Matemàtica de la UAB haurien també de negociar-se.

Objectiu 24: Aconseguir en transferència de coneixement una mitjana de dos contractes per any. El laboratori experimental podria tenir un paper important en aquest respecte.

En Matemàtica Financera hi ha al CRM el know-how suficient per a plantejar-se la posta en marxa d'una start-up orientada a la gestió i cobertura de risc.

Objectiu 25: Posar en marxa una start-up en Matemàtica Financera

3.4.3. Explotació de les instal·lacions

CRM té una bona infraestructura per acollir activitats que no s'utilitza durant una part considerable de l'any. El laboratori experimental també ofereix possibilitats en aquest sentit.

Objectiu 26: Aprofitar les instal·lacions de CRM per a obtenir ingressos addicionals.

3.5. Publicacions i imatge

3.5.1. Activitat editorial.

La sèrie de *Preprints* del CRM ha perdut clarament la seva funció com a sèrie principal del CRM, i és desproporcionat que tingui un paper tan important en l'avaluació del contracte programa amb la Generalitat. Tot i això, té sentit mantenir-la, principalment per reflectir l'activitat del visitant i una mica capitalitzar-la.

Per tal d'obtenir un retorn científic més visible dels actes organitzats a la CRM,

Objectiu 27: consolidar com una subcol·lecció dels CRM Documents els informes anuals dels programes de recerca temàtics i fer una nova sèrie amb els "extended abstracts" de les conferències celebrades en CRM.

Pel que fa a la sèrie de cursos avançats en Birkhäuser necessitem regularitzar la seva publicació i disminuir radicalment el temps transcorregut entre el curs i l'edició del volum corresponent. El contracte amb Birkhäuser ha de ser renegociat per tal que ells s'encarreguin de la tasca d'edició, que està consumint massa temps per CRM.

Objectiu 28: arribar a una taxa de publicació mitjana de dos números a l'any de la sèrie de cursos avançats a Birkhäuser i reduir a sis mesos el retard entre el curs i l'edició.

3.5.2. Divulgació e imatge del centre

Pel que fa a la divulgació, a més dels estudiants (els estudiants universitaris i fins i tot de secundària, ja esmentats), hi ha un altre públic objectiu clar: els investigadors d'altres àrees científiques,

Objectiu 29: organitzar dues vegades l'any una jornada temàtica amb altres centres CERCA en les àrees de matemàtiques col·laboratives cultivades en el CRM.

3.6. Polítiques adreçades a la millora dels procediments, l'administració i les instal·lacions.

Pel que fa a processos i protocols interns, són dos els objectius que caldria assolir al començament del nou pla estratègic: un pla de igualtat i l'obtenció i seguiment de l'acreditació HRS4R (Human Resources Strategy for Researchers).

Objectiu 30: el·laboració i implementació d'un pla d'igualtat del centre, que abarqui totes els àmbits d'actuació del centre i en consideri tots els aspectes (diversitat, gènere, etc.)

El CRM, com altres centres CERCA, ha fet seus recentement el "European Charter for Researchers" i el "Code of Conduct for Recruitment". La implementació real i pràctica dels mateixos passa per la HR Strategy for Researchers, que el CRM hauria d'adoptar, obtenir l'acreditació corresponent i passar l'avaluació.

Objectiu 31: posta en marxa i execució de la HR Strategy for Researchers (HRS4R)

Pel que fa a aspectes tècnics encara no ben resolts al centre, cal donar millor servei a les necessitats de computació intensiva dels investigadors del CRM, actualment no ben ateses.

Objectiu 32: posada en marxa d'un servidor de càlcul intensiu.

Així mateix, molts dels processos administratius requereixen un excés de temps, motivat per la manca de recursos informàtics eficients i integrats.

Objectiu 33: disseny i posada en marxa d'una intranet, que permeti millorar especialment la gestió econòmica dels projectes de recerca, la comptabilitat i la logística.

ANNEX. Descripció de les línies principals de recerca per als propers anys

Contents

1. Group in Complex Systems

2. Group in Computational & Mathematical Biology

- 3. Group in Computational Neuroscience**
- 4. Group in Industrial Mathematics**
- 5. Group in Mathematical Epidemiology**
- 6. Group in Financial Mathematics**
- 7. Group in Harmonic Analysis and Approximation Theory**
- 8. The CRG-CRM research unit in Exploratory Data Analysis**

1. Group in Complex Systems

The science of complex systems deals with systems composed by many elements in interaction between them and focus in the emergence of global, collective behavior. Many major challenges of humankind deal with these systems: the climate, the metabolism, the economy, socio-politics, etc. A peculiar characteristic of this science is that its practitioners do not need neither large and expensive facilities nor numerous and hierarchical teams of people. Rather, the research is based in looking at the data from a fresh perspective (data gathered in other projects for other purposes and borrowed by complex-systems scientists), trying to find hidden statistical patterns and correlations, then looking for elementary, holistic models that can reproduce the essential behavior of such systems, and finally trying to act on the system either predicting its behavior or improving its performance in some way. This is also the perspective of the CRM Complex Systems Group.

A first global objective of the group is to keep strong in the points where it has already shown its strength: statistical analysis of natural hazards and human communication, and development of statistical tools for that purpose. A second complementary objective will be to increase the presence and relevance of numerical simulations and to open new research lines, related mainly to social science, as explained below.

In the study of natural hazards, an important issue will be predictability. An in-depth research needs to be undertaken to know the limits of prediction in such systems (which are well known for low dimensional chaotic systems) and to develop alarm systems in the cases in which that would reveal possible. The so-called ROC analysis will be very valuable. Note that two scales of prediction exist: one is the internal one of the evolution of an event, where it is important to estimate if the event is going to intensify or to attenuate; the other scale is a slow one, formed by the sequence of all events in a given season, where long-range correlations can be very important.

Another key point will be to relate meteorological hazards, as hurricanes and rainfall, with global warming, in order to infer the presence or not of global trends, and also with other relevant, local variables, as sea surface temperature, which, following current theories, should have a strong influence on the intensification of hurricanes.

For the case of earthquakes, the fact of having a laboratory model of the phenomenon (as recently published from a collaboration with other groups) is of great interest. Over the years, fracture experiments have been claimed to mimic some aspects of earthquakes, but the large variety of situations (materials, fracture types, experimental procedures) leads to a not very clear situation. With our knowledge of statistical seismology we hope to shed light on the most relevant issues that can help to understand a laboratory version of earthquakes. Then, computer models can be developed more accurately, either with microscopic agent-like models or with more heuristically, intermediate models, as the so-called epidemic-type aftershock-sequence model.

Regarding human communication, a desirable objective is to develop a coherent framework including not only Zipf's law but other laws taking into account the complete dimensional structure of text or music sequences, i.e., to consider the time variable (the evolution of the

statistical properties with the length of the record). A solid relationship between Zipf's law and Heaps' law (which counts the amount of vocabulary used) would be an important outcome. The application of information theory can shed light on these issues. Also, adequate modeling, starting with the classic Simon model, or with stochastic birth and death processes, should explain not only Zipf's law, but the rest of laws of quantitative linguistics and music.

Another challenge would be to use big data. Instead of analyzing books or standard corpora, new opportunities to understand human language at the large scale arise from mega data bases, thanks to the enormous amount of information gathered on the Internet. Particularly relevant is the so-called google n-gram data set, which contains millions of books in seven different languages. The use of networks will be also very relevant to understand the transitions between words in discourse.

But the analysis of music can go beyond the analysis of language. We plan to continue deepening in the understanding of the structure of music to see which kind of model is necessary to mimic the properties of real music. For example, using network theory and random walks one comes with a null model for a music generator. Complications of the model, including, let us say, persistence, would lead towards more realistic models.

Some applications can also be envisioned. Statistical properties can illuminate the special role of keywords in texts, and similar key-chords could be defined in music. Also, statistics may help to define what can be considered a plagiarism. Other applications involve the recognition of style, authors, or classification of documents or musical pieces. Note that predictability also plays a relevant role in music: a composition that would be totally predictable would be extremely boring, whereas total unpredictability would lead to random music, not very exciting either. Although there seems to be room here for knowledge transfer, we need to realize that this is usually a rather slow and delicate process.

The development of statistical tests needs a leap forward. The selection of the interval over which a distribution fits the data is an open problem, for which the Clauset et al.'s recipe does not provide a satisfactory answer. An in-depth study is necessary. But other tests require attention, for instance to decide if a set of distributions show scaling (the same shape at different scales) and if they belong to the so-called same universality class (power laws with the same exponents for instance).

Finally, a new research line is proposed: the use of networks of concepts to understand the structure of human knowledge. A mathematical derivation, or a calculation, can be put in the language of networks: one result, idea, or concept, when combined with others, leads to new knowledge, which can be combined again, and so on. This is similar somehow to a metabolic network, which models the complex chemical reactions inside a cell, but also can be modeled using hypergraphs, or multiplex networks. The large-scale analysis of such networks can lead to important insight into the structure of scientific knowledge: Which are the key concepts? Are there *culs-de-sac*? Which is the simplest way to navigate through this network?

2. Group in Computational & Mathematical Biology

Our research is planned to focus on **“Mathematical modelling of complex disease and therapy”**.

Background

Complex diseases such as cancer and cardiovascular disease account for about half of the deaths in the Western countries. For many years, under the influence of the gene-centric paradigm in Biology, most of the research on potential treatments of these diseases has revolved around the search for magic bullets, i.e. drugs which target a specific gene or protein involved in a particular part of the development of the disease. However, this approach has proved to be of rather limited success. Cancer in particular continues to afflict large sections of the population and the most effective treatments still are surgery, radio-therapy and chemotherapy.

One of the reasons for the failure of the magic-bullet approach arises when considering that global cell traits and behaviours in response to stimuli, i.e. the phenotype, emerge from a complex network of interactions between genes and gene products which ultimately regulates gene expression. These networks of gene regulation produce dynamical systems whose complexity is a consequence of them being non-linear, high-dimensional dynamical systems and, also and foremost, from the fact that they are shaped up by evolution by natural selection which shapes gene regulatory networks so that they exhibit properties such as robustness and canalisation. Moreover, they are under the influence of noise both of internal (molecular noise in the regulatory system itself) and external (unpredictable changes in the environment) character. This implies that accurate predictions of the effects of perturbations on particular genes on the global behaviour of the system are extremely difficult to obtain unless quantitative methods based on mathematical models are used.

In addition to complex, non-linear interactions within individual cells, there exist intricate interactions between different components of the biological systems at all levels. Each of the different processes involved in it is a very complex process which, by themselves, pose an extraordinary problem. In addition, they are all coupled making the problem of understanding angiogenesis even more challenging. In fact, as per the main tenet of non-linear science, understanding, for example, angiogenesis as a whole is not equivalent to understand each of its components. Therefore, the reductionist approach and linear way of thinking traditional in Biology are unlikely to successfully provide a full understanding of this type of phenomenon and multi-scale models integrate different types of models corresponding to phenomena characterised by different time and lengths scales (from intracellular pathways to whole-tissue remodelling) and analyse the behaviour emergent from their non-linear coupling.

Efficient, long-term eradication of complex diseases such as some cancers (e.g. breast) and infections (e.g. HIV-1) is hindered by the phenomenon known as latency. Many types of cancer lead to tumour dormancy, i.e. a number of small (undetected) metastases under growth restriction are persist for years post-resection. Late relapse with latency periods of years and even decades post-resection is well documented in a number of tumours and, in fact, it is responsible for a large proportion of cancer-related deaths. In spite of the importance of this

problem, the mechanisms underlying tumour dormancy are not completely understood. However, it is clear that dormancy is maintained by the presence of a small number of growth-restricted metastases. Recent measurements using magnetic resonance imaging have revealed that the population metastatic cell population is very inhomogeneous ranging from quiescent solitary cells to active proliferative cells within metastases. It has also been showed that there are short-lived circulating cancer cells which are very likely shed by small metastases and replenish the reservoir metastatic colonies. Regarding HIV-infected patients, the situation is similar in that current highly active anti-retroviral therapy (HAART) can reduce the viral load in HIV-1-infected individuals below the detection threshold of standard commercial assays. However, this therapy cannot eradicate the virus completely: A low level of virus load can be detected in plasma by super-sensitive tests. As in the case of tumour dormancy, the mechanisms involved in this low-level viral persistence have not been totally elucidated. The common denominator here appears to be the presence of a latent sub-population which is able to elude or adapt to the presence of palliative treatment and that it is replenished by an active residual phase (quiescent vs proliferating cells in cancer, ongoing viral replication vs latent cell activation). The balance between these two phases yields long-term persistence, whereas the breaking of such balance leads to relapse.

Complex diseases are a huge problem. Their costs both in human and in purely economic terms are huge. However, for the reasons exposed above as well as others, in spite of huge resources being devoted to research into their causes and possible therapies, no breakthrough has been made. This situation calls for new tools of analysis which include the formulation of multi-scale mathematical models. The formulation of these models, the development of the corresponding tools for analysis and numerical simulation are the focus of our research group.

Aims

The general aims for the next 5 years are:

1. Establish general methods for sensitivity analysis and model validation for complex multiscale models of tumour growth as well as formulating control strategies to improve therapy. These two issues are tied up by the fact that sensitivity analysis helps to identify the parameters relevant to controlling a particular behaviour of our system.
2. Formulate stochastic mathematical models of long-lived, latent populations of diseased cells (tumour dormancy, latent HIV-1 infection, etc.) which allows us to develop a method to systematically calculate the extinction probability of the above populations as a function of controllable inputs such as, for example, drug delivery protocols. Proceed to formulate optimal survival strategies by minimisation of the corresponding extinction probability and optimal control (therapeutic) strategies by maximisation of the corresponding extinction probability.
3. Formulate models of dynamics of cell populations with genotype-phenotype map in order to characterise the incidence of genotype-level mutations on the fitness as a function of the phenotype thus accounting for robustness and evolvability issues. Ascertain what the effect of robust phenotypes has on the competition for a common

resource between two cell populations characterised by different genotype-phenotype maps.

Methodology

The research of the Computational & Mathematical Biology group is problem-oriented, not technique-oriented, and therefore the methodological apparatus involved in a particular project is determined in great measure by the problem we need to address. However, the expertise of our group revolves around a methodological core which we summarise here.

Multi-scale modelling. Multi-scale models of biological systems, in particular of tumour growth, has been a very active field of research in computational modelling in Biology. These models are a framework in which different submodels of processes characterised by different time and length scales. These sub-models, which may be formulated in terms of different mathematical descriptions, describe the dynamics of at a particular scale. These sub-models are then coupled so that the global properties of the system can be analysed in terms of the emergent properties resulting from this coupling.

Stochastic methods in population dynamics. Stochastic methods in population dynamics, in particular continuous time Markov processes, are abundantly used in our research. These equations are, in general, impossible to solve analytically. Closed solutions are available in very few cases and are the exception, so we need to resort to large system-size asymptotics, in particular, WKB methods or to numerical methods such as the Gillespie algorithm or the τ -leaping method. Additionally, when the large system size asymptotics is not appropriate, we use the Doi-Peliti formalism. This method, which has been successfully applied to many problems involving extinctions (absorbing fixed points), allows us to express the solution of Master equation in terms of a path integral thereby allowing us to use all the methodological machinery of Statistical Mechanics (perturbation theory, renormalization group, etc.) in order to solve the Master Equation and thereby obtain the extinction probability.

Graph-theoretical methods and complex networks. Graph-theoretical methods and tools from Statistical Mechanics of complex networks will be abundantly used during the development of this research project, in particular its associated computational tools: Algorithms for calculating clustering coefficients, breadth-first algorithm for calculating graph diameters and numerical methods in spectral graph theory. We explore different algorithms for directed networks and weighted networks (i.e. those graphs whose adjacency matrix is asymmetric or its entries are real numbers, respectively). We also make use of recent developments in Statistical Mechanics of complex networks, in particular, the rate equation approach to non-equilibrium growing networks. These equations are evolution equations for the quantities such as the degree distribution (probability distribution for the number of neighbours of a node) or the degree-degree correlation function (probability of an edge to exist between two nodes of given degrees).

3. Group in Computational Neuroscience

Our scientific goal for the next two years is to continue to do quality research in the field of computational neuroscience, focusing on memory processes. Memory lies at the core of cognitive function. Despite this, we still lack a biologically plausible computational model of memory and memory consolidation. Clinical and experimental findings support a standard theory of memory consolidation in the case of declarative and episodic memory: memories gradually become independent of the hippocampus and medial temporal lobe through hippocampocortical interactions, predominantly during sleep. Specifically, synaptic plasticity in neocortical circuits during slow-wave sleep (SWS) would be mediated by high-frequency hippocampal ripples, stabilizing and consolidating the cortical representation of the memory. However, the details of the physiological mechanisms underlying this consolidation process are completely unknown. Several key questions must be addressed in order to shed light on this process, including:

1 -What is the computational advantage of having a spatially distributed memory system, e.g. hippocampus and cortex?,

2 - How do correlations (associations) between different memories affect the consolidation process?

3 - How is synaptic plasticity affected by brain state?.

We propose a computational study which will address these questions and investigate the mechanisms which are believed to underlie systems-level memory consolidation in a self-consistent, biologically plausible model. This work will have immediate repercussions for the interpretation of so-called replay activity in rats, and will provide insight into the physiological role of slow-wave sleep in consolidating memories.

4. Group in Industrial Mathematics

Since his beginnings in December 2009, the research of the group has been active in 3 primary focus areas: phase change, fluid flow and general industrial mathematical modelling. This has resulted in 10 ISI publications since 2010 and another 5 currently under review.

For some time our research has been focussed on mathematics applied to nanotechnology. This area has many exciting new challenges, but also many more funding opportunities than with conventional applied mathematics. Our main research strategy in recent years was to become sufficiently well established in this field to justify applying for EU grants in nanotechnology and the ERC Advanced Research Grant. Unfortunately, whilst we now feel well placed for this application it appears that there may be no call for ARG in 2013, consequently we are looking into a wider range of funding options and also intend to apply for the ARG in 2014.

Given the general lack of resources within the local system it is clear that we must broaden our search in the future and collaborate with different groups to obtain funding for the group. With this in mind we are currently involved in an EU COST proposal, to fund research visits and meetings. In the second half of 2013 we will support a post-doc through our Marie Curie grant. The post-doc will work on a project in collaboration with the Physics department at the University of Barcelona. We will also apply for funding through EU nanotechnology programmes.

5. Group in Mathematical Epidemiology

Mathematical modelling of infectious diseases of the humans, domestic and wild animals and plants is a rapidly expanding and a practically relevant strategic area of research. The Mathematical Epidemiology Research Group of the CRM employs mathematical modelling and the analytical techniques of the dynamical system theory and the optimal control theory to problems that arise in epidemiology, immunology and virology, with the objectives of identifying the risks and forecast possible consequences of events, such as emergence and spread of a novel pathogen of the humans, animals and plants, and of developing rational strategies for risk management. Group's particular interests are in the invasion of emerging infections, in the stability and persistence of a pathogen, as well as the stability of immune response. We also interested in viral and microbial evolution, which is probably the most important factor responsible for emergence of new infections and for development of drug resistant strains, as well as in control of infectious diseases. One of the directions, which we are actively exploring, is application of the tools and methods of the Optimal Control Theory to the control of infectious diseases.

For the next five years, we plan to work in the following directions:

- (1) Stability of a host-parasite system at both population and personal levels. We plan to further develop a technique of the global analysis based on the direct Lyapunov method exploiting an advance made by Prof Korobeinikov and collaborators. Our goal is an extending this technique to a wider range of problems and models, and in particular to distributed models (including PDE), stochastic models and models with delays. We also plan to explore the possibility of extending this technique to models with hysteresis.
- (2) Viral and microbial (inter- and intra-host) evolution. Microbial evolution is a direction of principal importance, as microbial mutation and evolution is probably the most significant single factor accountable for emergence of new pathogens, arising of drug-resistance and preventing the development of effective drugs and vaccines. Moreover, it is believed that the dynamics of HIV is also mostly determined by the ability of HIV to evolve. Our objectives are to construct and study mathematical models (both, deterministic and stochastic; the latter in collaboration with the Group of Mathematical and Computational Biology) of microbial evolution. We plan to address the following questions: what is the driving force for this evolution? What is the role of immune response in this natural selection, and what is the links between evolution

and the development of AIDS? We also plan to explore the development of specialization (specialization vs. universalism) and arising of drug resistance.

- (3) Efficacy of immune response and a failure of immune system (the development of AIDS). Our objective in this particular direction is to verify a number of hypotheses about reasons for collapse of immune system and development of AIDS. In particular we plan to explore the role of CD4 T cells, the impact of apoptosis, the possibility of exhaustion of immune cells, etc.
- (4) Optimising control of infectious diseases and the antiviral (in particular antiretroviral) treatments. Our goals in this particular direction are to further develop the methods and tools of the optimal control theory with application to the infectious diseases and therapies. We plan to exploit an advance in application of the optimal control theory to the nonlinear models in population dynamics (wastewater biotreatment) which was recently done by Prof. Korobeinikov and collaborators. Our intention is to develop this technique and apply it to the problems in virus dynamics and in particularly to antiviral therapy, and to cancer treatment. We also intend to consider a possibility of extending these results and techniques to other relevant problems, such as pest control.

It is worth mentioning that similar types of mathematical models arise in other relevant applications, such as the stability and sustainability of ecosystems, the spread of GM-genes, pest invasion and control, etc. We consider a possibility of extending the results and methods to these areas as well.

6. Group in Computational Finance

Currently, the topics of interest are computational finance and credit risk.

Computational Finance relates to the robust and efficient numerical solution of mathematical equations on state-of-the-art hardware. Advanced discretization and solution methods are developed to handle a next generation of applied problems. This research topic is at the intersection of numerics and stochastics. Here, the treatment of integral equations by wavelets methods is of particular interest.

Credit risk research is primarily motivated by Basel regulations. In the light of the recent world financial crisis, the aim of regulators and supervisors is to strengthen the resilience of banks in order to maintain the financial stability. Basel III Accord introduces new regulatory requirements on bank liquidity and bank leverage. For all these reasons, the scientific community has to pay more attention to risk management practices and methodologies.

As outlined before, credit risk is one of the most important research topics in Finance. Up until now, the group has focused mainly on this challenging tasks.

The Basel Accords (I, II and III) laid the basis for international minimum capital standard and banks became subject to regulatory capital requirements, coordinated by the Basel Committee

on Banking Supervision. This committee has been founded by the Central Bank Governors of the Group of Ten at the end of 1974.

The rules of the Basel Committee do not have any legal force. The supervisory rules are rather intended to provide guidelines for the supervisory authorities of the individual nations such that they can implement them in a suitable way for their banking system. The main focus of the first Basel Accord was on credit risk as the most important risk in the banking industry.

The group has recently developed a new methodology, the Wavelet Approximation (WA) method, for computing the risk measures and risk contributions in credit portfolios. Generally speaking, numerical tests have shown that the WA method outperforms the existing approximations in terms of accuracy and speed, making it a very well-suited approach for the credit risk measurement.

The Basel Committee defines operational risk as the risk of loss resulting from inadequate or failed internal processes, people and systems, or from external events. The aim for the future is to contribute to the measurement of operational risk by means of the Wavelet Approximation method presented before, since the challenging problem is to further increase the accuracy when approximating the tail of the loss distribution.

Another topic of our interest for the coming years will be the efficient valuation of contracts in finance by means of the Fourier and wavelets theory. Derivatives are instruments to assist and regulate agreements on transactions of the future. Derivatives can be traded on specialized exchanges. The group will focus on the pricing of options. This is an ambitious task and requires sophisticated algorithms. Efficient numerical methods are required to rapidly price complex contracts and calibrate various financial models. In brief, existing numerical methods in this field can be classified into three major groups: partial (integro) differential equation methods, Monte Carlo simulation and numerical integration methods. Each of them has its merits and demerits for specific applications in finance, but the methods from the latter class are often used for calibration purposes. The group will focus on numerical integration methods.

It is extremely important the development of new numerical algorithms to help the financial companies to efficiently price and calibrate the derivatives to market data and then quantify the risk in their portfolios. As shown in previous work done by the group, wavelets work excellently for credit risk management, and then Credit Valuation Adjustment (CVA), which is based on the combination of option pricing and risk management, could benefit from option pricing also being done by wavelets.

A structured product is generally a pre-packaged investment strategy corresponding to a combination of standard financial investment and derivatives. The whole items are then securitized in one instrument as an independent product by the issuer. Interest in this kind of investment increased in these last years and structured products are commonly used by investors as a way to diversify their investment portfolios. The methodology developed for credit risk will be adapted to be able to measure the market risk in portfolios with options and structured products.

Regarding the efficiency of the algorithms, it is of great interest for banks to have GPU software available to speed up the calculations. So this is another interesting topic for future research.

7. Group in Harmonic Analysis and Approximation Theory

In the next years the research of the group will be devoted to certain aspects of harmonic analysis, functional analysis, approximation theory, PDE, and the theory of extremal problems. In particular, we plan to investigate different types of inequalities with and without weights such as norm inequalities for integral operators, polynomial inequalities (including Bernstein, Remez, Turan), inequalities for moduli of smoothness and K-functionals, problems on sampling and interpolation, Riesz bases, discrepancy theory, Monge-Ampère equation and the regularity problems, and their applications in many different areas of mathematics: Fourier analysis, Constructive Approximation, PDE, Theory of Function Spaces, Interpolation Theory, Extremal Problems. The group members will study extremal problems on the sphere including spherical designs and optimal configurations for best packing and energy problems. The research can be characterized by the following key words: Fourier Analysis, Functional Analysis, PDE, Approximation Theory, Extremal Problems on the sphere, inequalities with and without weights, interpolation theory, spherical designs, optimal configuration, integral operators, polynomial inequalities, best packing, energy minimization.

8. The CRG-CRM research unit in Exploratory Data Analysis

The aim of this mixed research unit will be, from CRG perspective, to maintain collaborations with other research groups at CRG in subjects like dimension reduction, data visualization, NGS data, time multiscale, etc. From the CRM perspective, the main aim is to bring in methodological innovation and carry out research in these areas, with emphasis in the mathematical and statistical aspects, and to enhance the doctoral training of graduates in Mathematics and Statistics in these areas.