



**Barcelona
Supercomputing
Center**
Centro Nacional de Supercomputación

RESUM 2019

QUI SOM

El Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC) és el líder de la supercomputació a Espanya i centre de referència internacional en aquest camp.

Missions del BSC



Serveis de supercomputació per a investigadors espanyols i europeus



R&D en Ciències de la Computació, de la Vida, de la Terra i Enginyeria



Transferència de coneixement (educació, transferència de tecnologia i comunicació)

Som un **centre de recerca** reconegut amb el Segell d'Excel·lència Severo Ochoa, acollim **infraestructures científiques** i som membres de primer nivell de la infraestructura de recerca europea PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe). Gestionem la Red Española de Supercomputación (RES), una Infraestructura Científico-Tècnica Singular (ICTS) i donem suport a la comunitat biomèdica internacional coordinant les infraestructures Elixir i INB-ISCIII.

Creats el 2005 a partir de l'experiència de col·laboracions exitoses entre administracions públiques i empreses privades, com ara el CEPBA i el CIRI, **hem passat ràpidament d'una plantilla de 60 persones a una de prop de 700**, gràcies al continu suport dels nostres patrons i a la nostra habilitat per atreure fons competitius procedents d'empreses i institucions, i ja hem instal·lat quatre versions consecutives del **superordinador MareNostrum**.

El BSC és un consorci públic format per:



On som, cap a on anem?

A photograph showing two men standing in the foreground, smiling. Behind them is a large, out-of-focus crowd of people, suggesting a conference or a large gathering. The man on the left is older, with grey hair and glasses, wearing a dark blazer over a red shirt. The man on the right is younger, with dark hair, wearing a dark suit and a blue tie.

Mateo Valero i Josep M. Martorell

Director i director associat del BSC

La primera paraula que ens ve al cap, al repassar l'any 2019, és “Europa”. Aquest any s'ha concretat amb fets la voluntat d'impulsar la computació d'altres prestacions a nivell europeu que preveia la declaració EuroHPC, signada a Roma el 2017 i on el BSC va tenir un paper molt important. Els resultats han estat motiu de gran satisfacció per al nostre centre.

D'una banda, el mes de juny la Comissió Europea anunciava la selecció del BSC com a *hosting entity* per acollir un dels tres grans supercomputadors europeus precursors de l'exaescala. Aquest gran èxit, possible gràcies a la bona feina dels nostres equips i al suport entusiasta dels nostres patrons i dels governs de Portugal, Croàcia i Turquia, farà possible que a finals del 2020 es comenci a instal·lar el nou MareNostrum 5, amb una inversió de 217M€ incloent la compra, la instal·lació i mantenir-lo operatiu fins al 2025.

D'altra banda, aquesta aliança europea també persegueix promoure la tecnologia dissenyada al nostre continent, per contribuir a una major sobirania tecnològica europea. El BSC té un lideratge important en la gran iniciativa per desenvolupar xips europeus (la European Processor Initiative), projecte que avança en paral·lel amb els nostres esforços en les architectures obertes, que aquest any ja han donat com a fruit la fabricació de Lagarto, el primer processador basat en hardware obert desenvolupat a Espanya. En aquesta línia, el mes de novembre varem anunciar la posada en marxa d'un nou Laboratori Europeu d'Arquitectures Obertes (LOCA), que serà la base per a la col·laboració públicoprivada en aquestes tecnologies. També el futur MareNostrum 5 tindrà un paper en aquest camí: serà l'únic dels superordinadors impulsats per la CE que acollirà una plataforma experimental per desenvolupar i testear tecnologies europees, la MareNostrum Experimental Exascale Platform (MEEP).

Totes aquestes magnífiques notícies s'emmarquen en un centre que continua creixent en mida i pressupost: acabem l'any amb més de 650 persones i un pressupost corrent que supera els 39 milions d'euros. Continuem essent la institució catalana que més fons atrau del programa europeu de recerca (superats ja els 75M€ a l'Horitzó 2020), i la tercera a nivell estatal. La nostra productivitat científica ha crescut espectacularment, doblant en només 4 anys els articles publicats en revistes del primer quartil. Les col·laboracions amb empreses i administracions continuen augmentant i ja tenim 4 *spin-off* totalment operatius. El creixement també el veiem en les infraestructures: a finals d'aquest any hem instal·lat els dos darrers clústers de MareNostrum 4, que consoliden la nostra aposta per gestionar un sistema amb diversitat d'arquitectures, que pugui satisfer tantes comunitats d'usuaris com sigui possible amb el mínim cost energètic.

La qualitat de la nostra recerca ha rebut aquest any nous reconeixements, d'entre els quals podem destacar l'arribada de tres nous investigadors ICREA, tres nous projectes de l'ERC, el premi nacional a la col·laboració públic-privada amb Repsol i nombrosos reconeixements a investigadors i investigadores del centre. Empreses com ARM, Asepeyo o Aigües de Barcelona han signat nous acords de recerca conjunta amb el BSC i fins a 31 dels nostres estudiants de doctorat han defensat la seva tesi.

És fàcil adonar-se, repassant les pàgines que vénen a continuació, com la Intel·ligència Artificial és un dels àmbits que més està creixent al nostre centre. La seva influència es multiplica en tots els àmbits de coneixement i serà sens dubte el gran tema transversal dels propers anys, tal i com s'expressa en les *Strategic Guidelines* aprovades pel nostre Consell Rector aquest 2019, fruit de les recomanacions que a finals del 2018 ens feia el nostre Scientific Advisory Board (SAB).

No podem oblidar el gran nombre d'activitats amb impacte comunicatiu i divulgatiu. Aquest 2019 ens han visitat moltes persones amb responsabilitats públiques (a destacar noms com Pedro Sánchez, Roberto Viola, Pedro Duque o Àngels Chacón) en el marc de les gairebé 20.000 persones que han visitat MareNostrum 4, un nou rècord en la història del BSC. D'entre aquests visitants cal destacar també els 5.500 alumnes de primària del programa "Som investigadores" o la primera promoció del "Bojos per la Supercomputació".

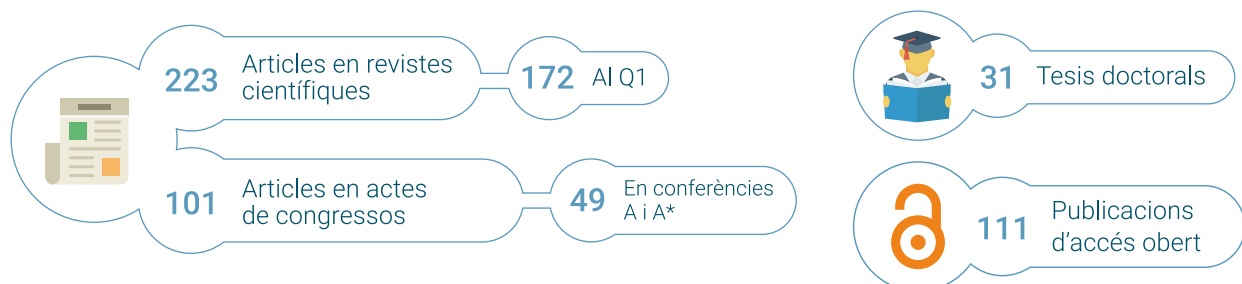
Un any, en definitiva, molt intens i amb grans notícies, preludi d'un 2020 que esperem sigui de grans estrenes: la nostra nova seu i el nostre nou superordinador ens esperen!



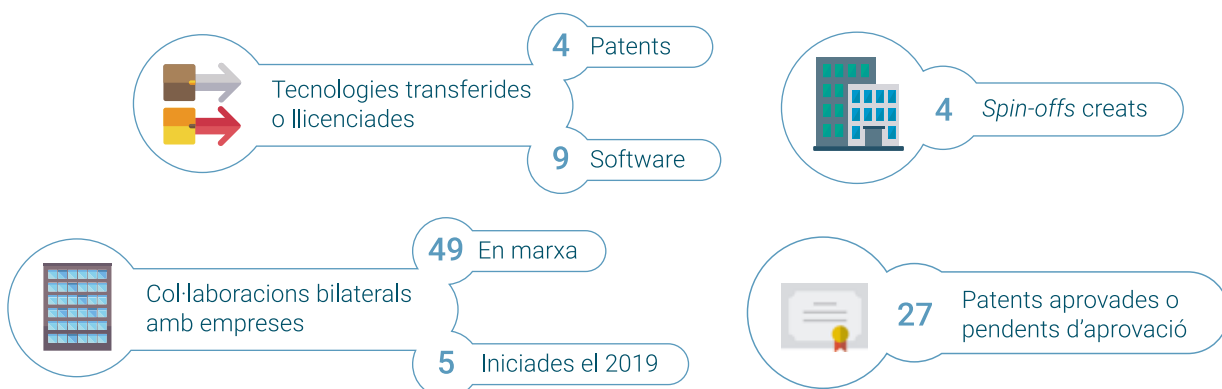
La signatura dels acords per acollir els nous supercomputadors europeus va culminar un any de treball intens encaminat a garantir que el Barcelona Supercomputing Center tingui un paper rellevant en el nou mapa europeu de la supercomputació. L'acte va ser presidit per la comissària Mariya Gabriel, una de les persones clau perquè la Unió Europea tingui un projecte comú d'HPC.

El BSC en xifres

RECERCA



TRANSFERÈNCIA DE TECNOLOGIA

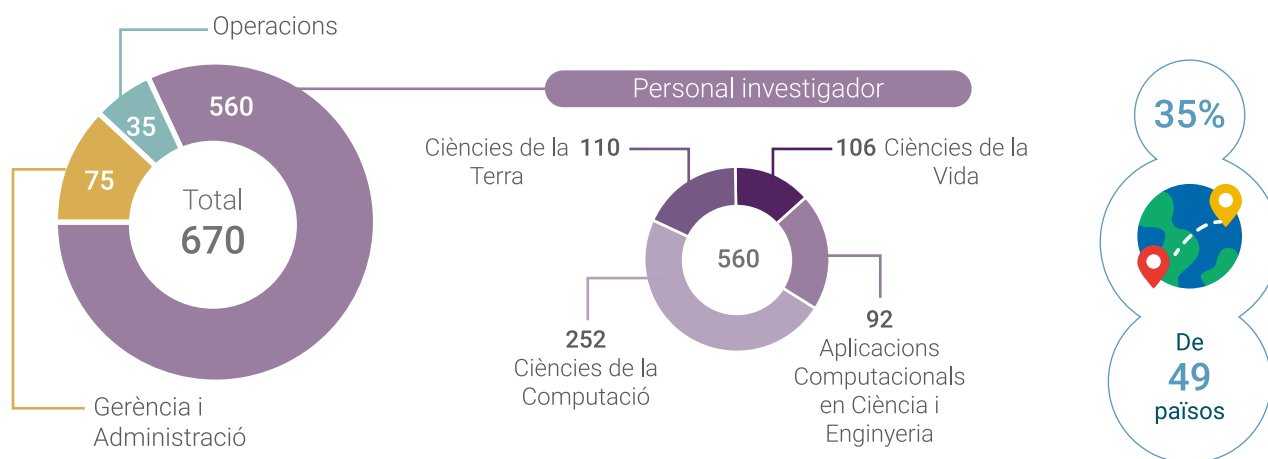


SUPERCOMPUTACIÓ



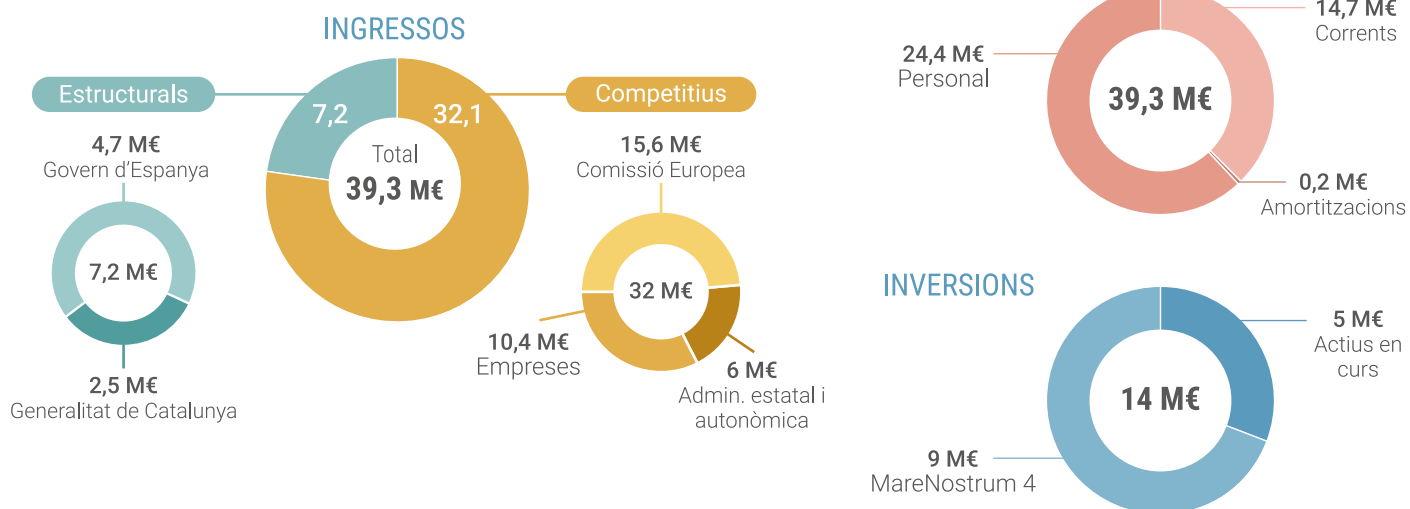
PERSONES

A 31 de desembre de 2019



RECURSOS

Pressupost 2019 executat



La UPC aporta, en personal adscrit i espais, l'equivalent al 10% dels ingressos estructurals.

Els ingressos i les despeses es mostren d'acord amb criteris financers. Les inversions segueixen un criteri pressupostari.

Nou mapa d'equipaments del BSC

Durant 2019, el BSC ha concentrat molts esforços per fer l'últim esprint perquè el nou mapa d'equipaments del centre sigui una realitat l'any 2020. Aquest nou mapa possibilitarà que, per fi, els prop de 700 treballadors del BSC deixin d'estar distribuïts en sis edificis dispersos del Campus Nord de la UPC i es concentrin en tres edificis contigus dins els jardins de Torre Girona. Aquest reagrupament, llargament esperat, augmen-

Edifici BSC-Repsol

La planta baixa i les quatre plantes superiors del nou edifici corporatiu acolliran 520 treballadors del BSC, inclosa la direcció del centre. L'edifici disposarà també d'un auditori, 38 sales de reunions, 8 sales *office*, una sala d'infermeria i lactància, zones de microones i un bar-restaurant situat a la planta baixa.

Nova sala de màquines i zona visitable

La nova sala d'ordinadors tindrà 1.000 m² i allotjarà Mare Nostrum 5 i altres clústers d'HPC que actualment estan repartits en diferents edificis. Serà una zona apta per acollir visites divulgatives sobre el món de la supercomputació i les activitats del BSC-CNS.

Capella Torre Girona

A les plantes superiors hi continuarà treballant el departament d'Operacions, que també estendrà la seva activitat a l'ala nord de Torre Girona.

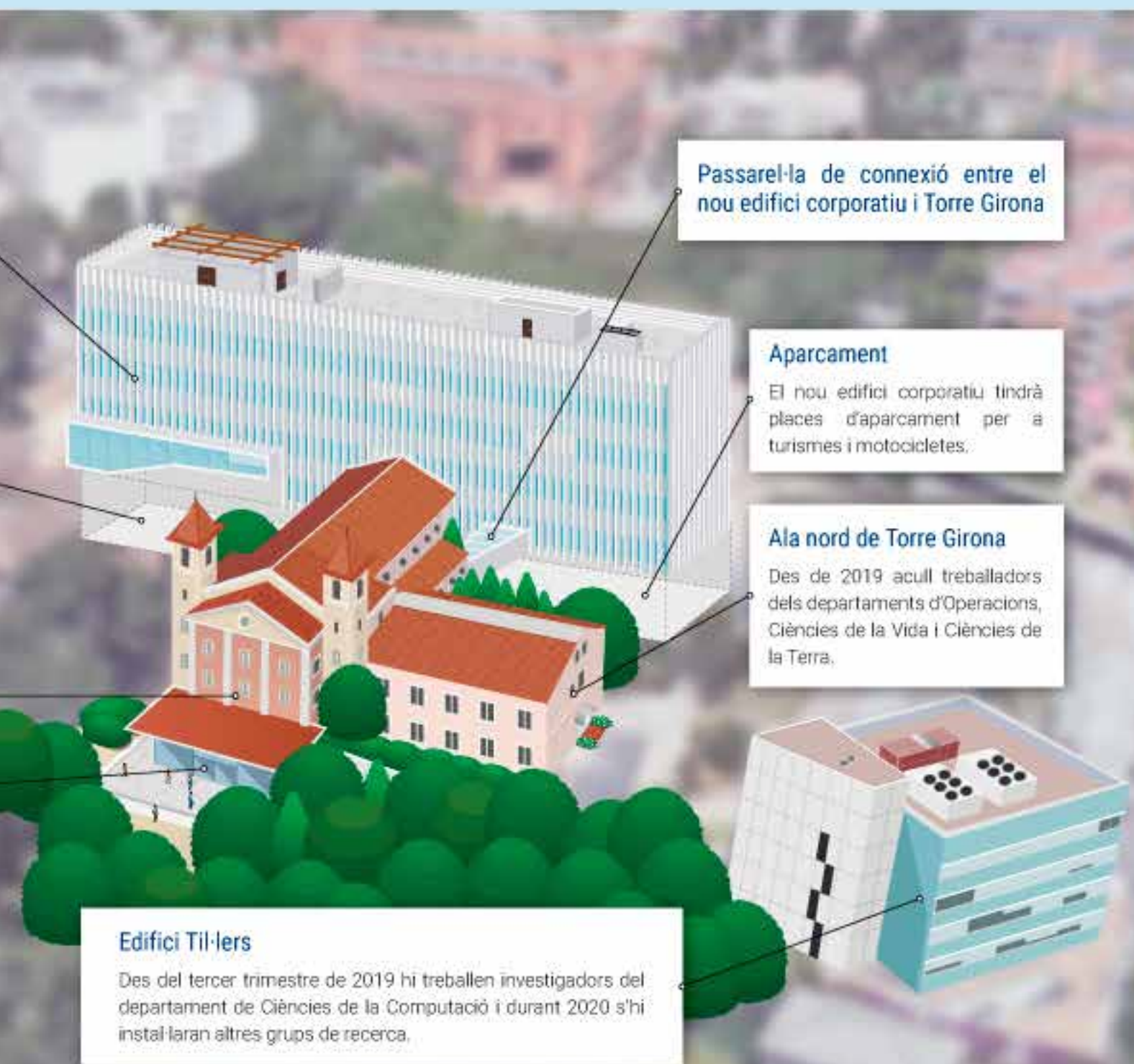
El *foyer* i la capella continuaran sent les zones més emblemàtiques del centre i seguiran acollint visites divulgatives i esdeveniments de rellevància corporativa i institucional.

Nova subestació elèctrica

Una nova subestació elèctrica soterrada subministrarà la potència necessària per a les infraestructures de supercomputació del centre.

tarà la comunicació i les sinergies entre els diferents equips d'investigació i serà possible gràcies a la col·laboració de la UPC, la finalització de l'edifici corporatiu i l'ocupació de l'edifici Til·lers i l'ala nord de Torre Girona.

A banda d'oficines, el nou edifici corporatiu acollirà la sala de computadors del BSC, on s'instal·larà bona part del superordinador MareNostrum 5.



Passarel·la de connexió entre el nou edifici corporatiu i Torre Girona

Aparcament

El nou edifici corporatiu tindrà places d'aparcament per a turismes i motocicletes.

Ala nord de Torre Girona

Des de 2019 acull treballadors dels departaments d'Operacions, Ciències de la Vida i Ciències de la Terra.

Edifici Til·lers

Des del tercer trimestre de 2019 hi treballen investigadors del departament de Ciències de la Computació i durant 2020 s'hi instal·laran altres grups de recerca.

De MareNostrum 4...

2019 ha estat l'any en què s'ha completat MareNostrum 4, amb l'arribada dels dos darrers clústers de tecnologies emergents que el conformen. La tecnologia puntera d'aquests clústers, utilitzats en la construcció de superordinadors exaescala que entraran en funcionament als Estats Units i al Japó properament, ens permet estar, una vegada més, a l'avantguarda de la computació d'altres prestacions.

Superordinador MareNostrum 4

13,9 petaflops: gairebé 14 mil bilions d'operacions en coma flotant per segon





Accés: prace-ri.eu/hpc-access



Accés: bsc.es/res-intranet



Barcelona Supercomputing Center
Centro Nacional de Supercomputación

Nous clústers de tecnologies emergents

MM4 CTE AMD:

Potència pic: 0,51 Pflops.

Arquitectura: 34 nodes amb un AMD Rome, 64c i dos AMD Radeon Instinct MI50. 34 terabytes de RAM.

La mateixa tecnologia que utilitzarà el supercomputador nord-americà Frontier, d'1,5 exaflops.



MM4 CTE ARM:

Potència pic: 0,65 Pflops.

Arquitectura: 192 nodes amb un ARMv8. 6 petabytes de RAM i refrigeració Direct Liquid Cooling.

La mateixa tecnologia que es farà servir al supercomputador japonès Fugaku, de 0,5 exaflops.

MareNostrum 4 està cofinançat pel Programa Operatiu Creixement Intel·ligent 2014-2020 del Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER).



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

a MareNostrum 5

Però, sens dubte, aquest ha estat un any marcat per la magnífica notícia que el BSC serà un dels tres centres europeus que acolliran superordinadors pre-exaescala impulsats i cofinançats per la Comissió Europea. L'abril vam presentar la nostra candidatura i el novembre vam firmar el conveni per acollir el futur MareNostrum 5, la part principal del qual s'instal·larà abans que acabi el 2020.

MareNostrum 5

Un superordinador pre-exaescala europeu

200 petaflops de potència pic (200×10^{15})

Plataforma experimental per crear tecnologies de supercomputació *"made in Europe"*

217 M€ d'inversió

Consorti amfitrió:

Espanya | Portugal | Turquia | Croàcia



EuroHPC
Joint Undertaking

MareNostrum 5 serà un superordinador pre-exaescala amb una potència pic aproximada de 200 petaflops (200.000 bilions d'operacions per segon), que començarà a funcionar abans que acabi l'any 2020. Costarà 217 milions d'euros, el 50% dels quals estarà finançat per la Comissió Europea i la resta per un consorci format pels governs d'Espanya, Croàcia, Portugal i Turquia. La Generalitat de Catalunya també hi contribuirà.

MareNostrum 5 garanteix que Barcelona continuï ocupant un lloc de lideratge en el mapa europeu de la computació d'altres prestacions. A banda de la seva rellevància com a infraestructura al servei dels investigadors, té un gran interès per a la recerca sobre els superordinadors del futur, ja que prop del 5% del pressupost està destinat a incorporar-hi una plataforma experimental per desenvolupar noves tecnologies d'HPC *"made in Europe"* per a les futures generacions de supercomputadors.



L'EuroHPC Joint Undertaking està implementant els primers superordinadors europeus com a part de la seva missió de construir una infraestructura europea de supercomputació i dades de primer ordre. Aquesta infraestructura col·laborarà amb usuaris públics i privats en el desenvolupament d'aplicacions científiques i industrials en diferents àrees i convertirà Europa en una regió capaç de competir a escala internacional.

Al servei de la ciència

Dels telescopis artesanals de Galileu a l'accelerador de partícules de Ginebra, els instruments científics han experimentat una gran evolució tecnològica.

Amb ells també ha canviat el tipus de preguntes a les quals vol donar resposta la ciència. Volem respondre qüestions sobre fenòmens que ja no poden observar-se a ull nu ni amb ajuda d'instruments òptics.

Què és la supercomputació?

La supercomputació permet realitzar experiments científics simulant *in silico* el comportament de l'objecte d'estudi. Reunir tot el saber sobre aquest objecte en una simulació informàtica i experimentar amb ella permet reduir costos, evitar patiment i fer experiments que no es podrien fer en el món real, perquè serien massa cars, massa perillosos o, simplement, impossibles.

Els supercomputadors són necessaris també per analitzar grans quantitats de dades, com les que proporcionen els instruments científics moderns (acceleradors de partícules, grans telescopis, interferòmetres, plataformes de seqüenciació de genomes, etc.) o la cada vegada més gran quantitat de dispositius que conformen la internet de les coses.

Des de fa alguns anys s'ha fet evident que la supercomputació és també la gran aliada de la intel·ligència artificial, ja que la seva gran capacitat de càlcul facilita l'entrenament d'algoritmes i l'extracció de conclusions de grans quantitats de dades.

La computació d'altres prestacions ja s'ha convertit en un gran accelerador de la ciència i l'enginyeria i és utilitzada i considerada cada vegada més imprescindible per a la majoria de disciplines científiques.



Més rendiment per a reptes més complexos



Un superordinador és un ordinador amb un rendiment molt major que un ordinador personal. El rendiment d'un supercomputador es mesura normalment en operacions en coma flotant per segon (flops). MareNostrum 5 tindrà un rendiment pic d'uns 200 petaflops (200×10^{15} o bé 200.000.000.000.000.000 flops). El sector de la supercomputació està dedicant molts esforços a crear els primers superordinadors exaescala, que podran assolir un rendiment de 10^{18} flops i amb els quals s'espera entrar en una nova era de les tecnologies informàtiques.

Recerca a MareNostrum 4

MareNostrum 4 ha proporcionat **1.173 milions d'hores** de processador el 2019. El 80% han estat utilitzades per investigadors que han aconseguit accés al superordinador a través de la xarxa d'infraestructures europea **PRACE** (Partnership for Advanced Computing in Europe) o de la Red Española de Supercomputación (**RES**). Les hores de còmput concedides a través de PRACE i la RES estan valorades en **8,5 milions d'euros**.

També el 2019, el Consell Rector del BSC ha encarregat al centre els serveis de computació d'altres prestacions de tres projectes estratègics: **Gaia**, que està creant el mapa més precís de la Via Làctia, l'Arxiu Europeu del Genoma i el Fenoma (**EGA**) i l'aportació espanyola al processament de dades del **Gran Col·lisionador d'Hadrons** del CERN.

A continuació, mostrem una selecció de la varietat de projectes externs al BSC que han utilitzat MareNostrum 4 aquest any i els seus investigadors principals.



Gaia és l'ambiciosa missió de traçar un mapa tridimensional de la nostra galàxia, la Via Làctia, en el procés que revela la seva composició, formació i evolució. Proporcionarà mesures de velocitat radial i posicional sense precedents amb la precisió necessària per produir un cens estereoscòpic i cinemàtic d'aproximadament mil milions d'estels. A MareNostrum 4 es realitzen les simulacions del projecte i al BSC se'n guarden les dades.



Luis Silva

"PULSAR: Plasma physics of ultra high fields in neutron stars".



Javier Trujillo

"The forward scattering polarization of the Ca I 422.7 nm resonance line as a tool to probe the solar chromosphere".



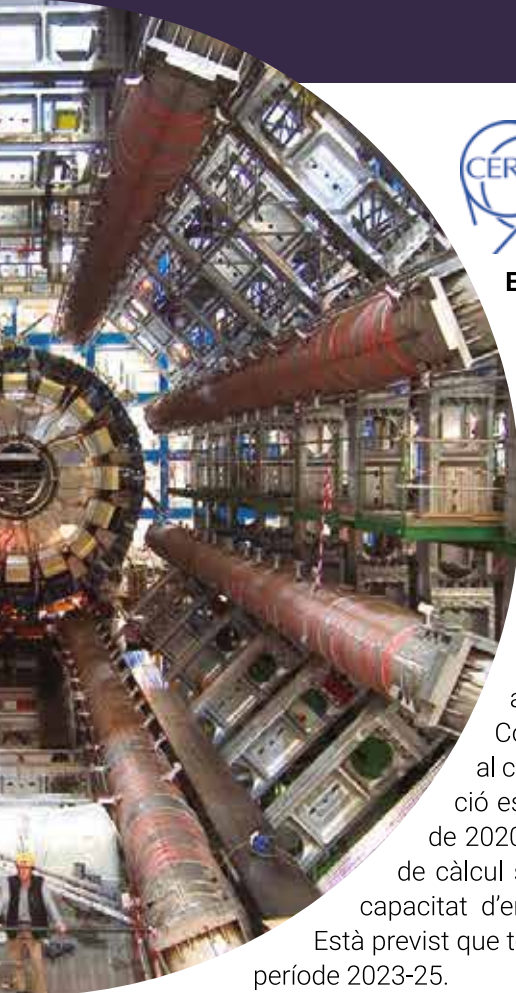
Jens Stücker

"The first reliable simulations of Warm Dark Matter".



Gustavo Yepes

"The MareNostrum numerical cosmology project: grand challenge simulations of structure formation in the Universe".



El Gran Col·lisionador d'Hadrons

és el major accelerador de partícules del món i està situat al Laboratori Europeu de Física de Partícules (CERN). El seu objectiu és eixamplar les fronteres de coneixement de la física fent col·lisionar protons a velocitats properes a la velocitat de la llum i extreure'n informació. Quaranta-dos països aporten els recursos necessaris per processar i analitzar les dades que genera. El Consell Rector del BSC ha demanat al centre que es faci càrrec de l'aportació espanyola (un 5% del total). A partir de 2020, el BSC hi aportarà una capacitat de càlcul sostinguda de 500 teraflops i una capacitat d'emmagatzematge de 7 petabytes. Està previst que totes dues xifres es dupliquin per al període 2023-25.



Michele Vendruscolo
"Targeting alzheimer's-associated amyloid-beta using small molecules"



Technische Universität München

Ville R. I. Kaila

"Functional dynamics of the mammalian respiratory complex I"



Universitat
de les Illes Balears

Victor Homar

"Predictability of Mediterranean severe weather: Optimizing the benefits from ensemble data assimilation of EUMETSAT RS-AMVs in coastal extreme events"



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Marta Reynal-Querol

"Computing pixel based socio-economic measures to analyze economic development"



Linda A Zotti

"Incorporating single proteins in solid-state devices"



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Manel Soria

"On the aeroacoustic noise radiated by a cavity at low Mach number"



L'Arxiu Europeu del Genoma i el Fenoma (EGA)

és el major servei mundial per a la gestió de dades biològiques procedents de la recerca biomèdica disponibles per a científics autoritzats. Conté 1,8 milions d'arxius que sumen uns 7,2 petabytes de dades. Les seves necessitats computacionals creixen exponencialment. El BSC té l'encàrrec de donar servei d'emmagatzematge (10 petabytes en l'actualitat i 24 petabytes en 2024), de còmput, tecnologies *big data*, computació al núvol i ample de banda per transmetre dades via internet.



Notícies de Recerca

Rosa Maria Badia rep els premis Dona TIC i Euro-Par

Rosa M. Badia, líder del grup de Fluxos de treball i computació distribuïda, ha estat guardonada amb el Premi Dona TIC de la Generalitat de Catalunya en la categoria Acadèmica/Investigadora. Badia també ha rebut el premi Euro-Par Achievement 2019, que es dona a investigadors que han tingut un impacte extraordinari en el processament paral·lel.



Asun Lera, nomenada membre d'una *mission board* d'Horizon Europe

La investigadora sènior del grup de Serveis del sistema terrestre, Asun Lera St. Clair, ha estat escollida, per la Comissió Europea per ser membre de la *mission board* "Adaptació al canvi climàtic, incloent transformació digital". Les *mission boards* són iniciatives d'alt nivell per trobar solucions als grans reptes de la nostra societat i només tres investigadors espanyols en formen part.

Mateo Valero ingressa a l'Acadèmia d'Enginyeria de Mèxic i rep el premi CénitS

El director del BSC, Mateo Valero, ha estat nomenat membre de l'Acadèmia d'Enginyeria de Mèxic per la seva intensa col·laboració acadèmica amb aquest país. Valero també ha rebut el premi a l'excel·lència investigadora de CénitS (Centro Extremeño de Investigación, Innovación Tecnológica y Supercomputación).



Carlos Pérez García-Pando és nomenat professor ICREA

Carlos Pérez García-Pando, cap del grup de Composició atmosfèrica i càtedra AXA de tempestes de sorra i pols, ha estat nomenat professor ICREA. L'investigador també ostenta una European Research Council (ERC) Consolidator Grant pel seu projecte FRAGMENT: "Fronteres en la composició mineralògica de la pols i els seus efectes en el clima".

Marta Melé rep un premi L'Oréal-Unesco a la investigació

La líder del grup de Transcriptòmica i genòmica funcional, Marta Melé, ha rebut un premi del programa L'Oréal-Unesco For Women in Science pel seu treball en l'anàlisi de les variacions dels gens entre els individus i les seves implicacions en malalties com el càncer de mama. La seva recerca busca biomarcadors específics i dianes terapèutiques per a la prevenció d'aquest càncer.



Nataša Pržulj és nomenada membre de la Reial Acadèmia de Sèrbia

Nataša Pržulj, líder del grup de Biologia integradora de xarxes computacionals, ha estat escollida membre de la Reial Acadèmia Sèrbia de Científics i Artistes. Pržulj, que es va incorporar al BSC a principis de 2019, és professora ICREA i ostenta una European Research Council (ERC) Consolidator Grant pel seu projecte "La connectivitat integrada per a una nova representació de la biologia".

Toni Gabaldón és vicepresident de la nova Acadèmia Jove d'Espanya

El líder del grup de Genòmica comparativa, Toni Gabaldón, ha estat nomenat vicepresident de l'Acadèmia Jove d'Espanya, creada el maig de 2019 per donar visibilitat als científics joves de les ciències experimentals. Gabaldón, que també és un dels membres fundadors d'aquesta acadèmia, es va incorporar al BSC durant el 2019 i és professor ICREA.



Gran salt en la investigació en hardware de codi obert

El BSC sempre ha estat molt implicat en la recerca de noves propostes de hardware per a HPC que eliminin la dependència europea de la tecnologia creada en altres continents. L'any 2011, amb el projecte Mont-Blanc, va ser el primer centre a desenvolupar clústers basats en ARM. En el projecte EPI (European Processor Initiative), coordina i desenvolupa acceleradors basats en RISC-V, tasca per a la qual el 2019 s'ha incorporat com a director Miguel Eduardo Litvin. També aquest any s'han posat en marxa dos nous grans projectes per aprofundir en el desenvolupament d'arquitectures de hardware de codi obert basades en RISC-V, MIPS i Power 9: MEEP i LOCA. Un salt d'escala.

MEEP

La plataforma experimental de MareNostrum 5

La Plataforma Experimental MareNostrum Exaescala (MEEP) és un projecte de tres anys (2020-2023) vinculat a MareNostrum 5 per crear una plataforma d'emulació FPGA per a la propera generació de supercomputadors europeus, els exaescala. És l'únic desplegament pre-exaescala amb un component experimental. Té un pressupost de 10,3 milions d'euros, socis a Croàcia i Turquia i estarà format per un equip de 35 persones liderat per Peter Hsu, doctor en informàtica per la Universitat d'Illinois d'Urbana-Champaign, incorporat al BSC el 2019.

La plataforma s'utilitzarà per realitzar investigacions a pila completa i el co-disseny de hardware i software per a aplicacions HPC tradicionals i emergents. Serà capaç d'emular porcions de plataformes exaescala i permetre el desenvolupament de software.



Peter Hsu, Mateo Valero i John D. Davis

Un laboratori per a hardware de codi obert

El Laboratori Europeu d'Arquitectura de Computadors Oberta (LOCA)

és una iniciativa per desenvolupar des d'Europa xips basats en hardware i software de codi obert, aptes per a HPC, internet de les coses i altres dominis de computació. La seva primera missió és crear components per a superordinadors exaescala.

LOCA és un centre global de recerca, formació, educació i col·laboració per a la indústria i l'àmbit acadèmic. Proporcionarà la infraestructura necessària per a un ecosistema completament obert, des d'aplicacions fins a CPU

i acceleradors. Comptarà amb el suport de socis industrials i finançament públic i estarà liderat per John D. Davis, doctor en Enginyeria Electrònica (Arquitectura de computadors) per la Universitat d'Stanford, que es va incorporar al BSC el 2019.



Lagarto, el primer xip amb repertori d'instruccions de codi obert desenvolupat a Espanya



Marco Antonio Martínez Salinas, director del CIC-IPN, i Mateo Valero

Lagarto, construït amb transistors TSMC de 65 nanòmetres, és el primer xip amb repertori d'instruccions (ISA) de codi obert desenvolupat al BSC. El seu disseny inicial procedeix del Centro de Investigación en Computación de l'IPN mexicà. Posteriorment, un equip de 30 investigadors del BSC, el CIC-IPN, el Centro Nacional de Microelectrónica del CSIC i la Universitat Politècnica de Catalunya l'han convertit en un xip de codi obert RISC-V que ha funcionat al primer intent. El projecte servirà de base per a nous desenvolupaments amb ISAs obertes, com els que es faran a MEEP, LOCA o al projecte DRAC.

Publicacions destacades

La naturalesa multidisciplinària del BSC es fa evident en l'ampli ventall d'àrees sobre les quals els seus investigadors publiquen articles científics. A sota hi ha una selecció de les publicacions més destacades de 2019:

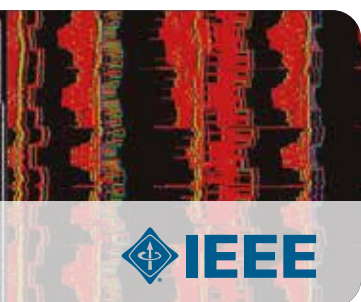


A Hardware Runtime for Task-Based Programming Models

Aquest article presenta Picos ++, un temps d'execució de hardware per accelerar les funcions d'execució crítica en models de programació basats en tasques com OpenMP i OmpSs, anàlisi de dependència de tasques, suport de tasques imbricat i programació heterogènia de tasques. Com a prova de concepte, Picos ++ s'ha implementat en un SoC FPGA aconseguint un 7,6X de velocitat i un estalvi d'energia del 90% quan s'utilitzen 4 fils i fins a 4 HwAccs. [Xubin Tan](#), [Jaume Bosch](#), [Carlos Álvarez](#), [Daniel Jiménez-González](#), [Eduard Ayguadé](#) i [Mateo Valero](#). IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 30, no. 9, pp.1932-1946 (2019).

Increasing the Reliability of Software Timing Analysis for Cache-Based Processors

Aquest estudi presenta mecanismes per interceptar ubicacions de conflicte de cache (CCP) rellevants a l'hora d'analitzar les memòries cau en sistemes de temps real d'alt rendiment. Les propostes s'avaluen exhaustivament sobre referències conegudes i un estudi de cas ferroviari, en un simulador precís i una implementació concreta de RTL. [Suzana Milutinovic](#), [Enrico Mezzetti](#), [Jaume Abella](#) i [Francisco J. Cazorla](#). IEEE Transactions on Computers, vol. 68 no. 6, pp.836-851 (2019).



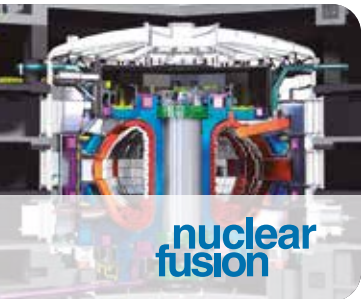
Sampled Simulation of Task-Based Programs

Aquest treball presenta TaskPoint, una tècnica de simulació mostrejada per a programes basats en tasques organitzats dinàmicament. TaskPoint és la primera tècnica que combina la simulació mostrejada i el modelatge analític i ofereix una nova manera de compensar la precisió i la velocitat de la simulació. En comparació amb la simulació detallada, TaskPoint accelera la simulació arquitectònica amb 8 fils simulats amb un factor mitjà de 220x, un error mitjà del 0,5% i un error màxim del 7,9%. [Thomas Grass](#), [Trevor E. Carlson](#), [Alejandro Rico](#), [Germán Ceballos](#), [Eduard Ayguadé](#), [Marc Casas](#) i [Miquel Moretó](#). IEEE Transactions on Computers, vol. 68, no. 2, pp.255-269 (2019).

Volcanic ash forecast using ensemble-based data assimilation: the Ensemble Transform Kalman Filter coupled with FALL3D-7.2 model (ETKF-FALL3D, version 1.0)

Els autors presenten un sistema d'assimilació i previsió de dades basat en conjunts per a la dispersió i deposició de cendres volcàniques dirigit a reduir les incerteses relacionades amb els paràmetres de font d'erupció. El model de dispersió atmosfèrica FALL3D s'utilitza per conduir membres de conjunts mitjançant una tècnica d'assimilació de dades Ensemble Transform Kalman Filter (ETKF). El procés proporciona millors estimacions de la concentració de cendra i dels valors optimitzats en funció del temps dels paràmetres de font d'erupció i condueix a una millor anàlisi i previsió de les concentracions de cendra 3D. [Soledad Osóres](#), [Juan Ruiz](#), [Arnau Folch](#) i [Estela Collini](#). Geoscientific Model Development.



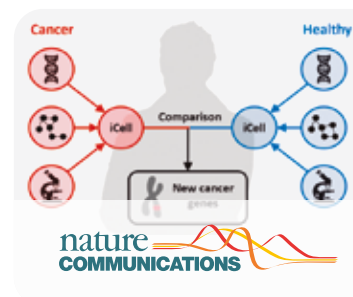


Shear Alfvén wave continuum spectrum with bifurcated helical core equilibria

Els autors presenten un sistema de modelització de l'estructura radial de l'espectre continu de les ones, tant de cisalla com acústiques, d'Alfvén en el rang de freqüències beta-induïdes d'Alfvén eigenmode (BAE) per plasmes de tokamak. El modelatge (incloent efectes 3D) reproduïx correctament el fenomen de la divisió de freqüències contínues i proporciona una possible solució per a les diferències de pocs kHz en la divisió de freqüències, que romanien sense explicar amb els càlculs cinètics 2D i està d'acord amb els modes de baixa freqüència observats experimentalment. [Allah Rakha](#), [Philipp Lauber](#), [Mervi Johanna Mantsinen](#) i [Donald A Spong](#). Nuclear Fusion. 9 set 2019.

Towards a data-integrated cell

El treball presenta un nou mètode computacional basat en la IA que accelera la identificació de nous gens relacionats amb el càncer. El mètode es basa en la tècnica d'aprenentatge automàtic Tri-factorització de matriu no negativa. Combina grans quantitats de dades òmiques de tres xarxes d'interacció molecular específiques del teixit (interacció proteïna-proteïna, coexpressió gènica i xarxes d'interacció genètica) i les recrea en un prototip computacional: la cèl·lula integrada per dades. [Noël Malod-Dognin](#), [Julia Petschnigg](#), [Sam F. L. Windels](#), [Janez Povh](#), [Harry Hemingway](#), [Robin Kettler](#) i [Natasa Przulj](#). Nature Communications. 18 feb 2019.

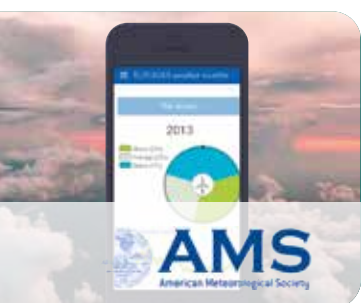
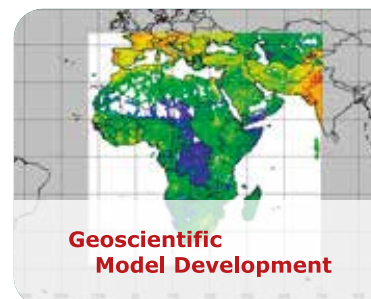


Evolutionary and functional patterns of shared gene neighbourhood in fungi

Aquest document aporta informació sobre com els genomes d'organismes eucariotes organitzen grups de gens d'acord amb les seves funcions. Els científics van desenvolupar un algorisme capaç d'identificar gens que es mantenen propers entre ells durant l'evolució. L'estudi, basat en grans bases de dades públiques, va proporcionar evidències que la majoria de blocs gènics compartits en espècies llunyanes van sorgir d'esdeveniments de reasseblatge independents en lloc de transferència genètica d'una espècie a una altra (transferència horitzontal). [Marina Marcet-Houben](#) i [Toni Gabaldón](#). Nature Microbiology 4. 16 set 2019.

HERMESv3, a stand-alone multi-scale atmospheric emission modelling framework – Part 1: global and regional module.

Els inventaris d'emissions atmosfèriques, que descriuen les quantitats de contaminants alliberats a l'aire per diferents fonts i per a regions específiques, són una aportació essencial per als models numèrics que avaluen la qualitat de l'aire. Aquest treball presenta la tercera versió del Sistema de Modelització d'Emissions d'Alta Resolució HERMES (HERMESv3), un model paral·lel basat en Python que permet adaptar els inventaris d'emissions mundials i regionals existents als requisits d'entrada dels models de qualitat de l'aire de manera flexible i transparent. [Marc Guevara](#), [Carles Tena](#), [Manuel Porquet](#), [Oriol Jorba](#) i [Carlos Pérez García-Pando](#). Geoscientific Model Development. 14 maig 2019.



The Weather Roulette: a game to communicate the usefulness of probabilistic climate predictions

L'article aplica un joc per comunicar la utilitat de les prediccions del clima als usuaris. El joc utilitza el marc conceptual Weather Roulette per presentar mètriques utilitzades habitualment per la comunitat científica amb mètriques més fàcilment enteses pel sector empresarial, demostrant que en àrees hàbils s'obtenen beneficis econòmics a llarg termini. Aquest enfocament podria proporcionar les bases per a una millor integració del coneixement sobre les anomalies climàtiques en processos operatius i de gestió. [Marta Terrado](#), [Llorenç Lledó](#), [Dragana Bojovic](#), [Asun Lera St. Clair](#) i [Albert Soret](#). American Meteorological Society. 24 oct 2019.

Recerca Aplicada & Innovació

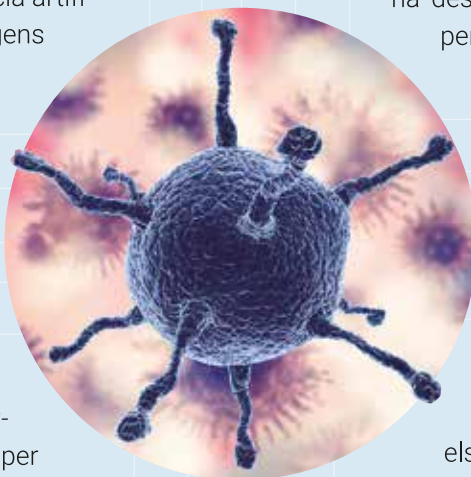


Intel·ligència artificial aplicada

Un mètode basat en aprenentatge automàtic permet la identificació de nous gens relacionats amb el càncer

La investigadora Nataša Pržulj ha liderat la creació d'un nou mètode computacional basat en intel·ligència artificial que accelera la identificació de nous gens relacionats amb el càncer.

Pržulj utilitza tècniques d'aprenentatge automàtic per relacionar grans quantitats de dades òmiques i les recrea en un prototip computacional. Amb aquesta tècnica fusiona tres xarxes d'interacció molecular específiques de teixit: interacció proteïna-proteïna, coexpressió de gens i xarxes d'interacció genètica. Els autors de l'article publicat a *Nature Communications* van aplicar aquest mètode per reconstruir cèl·lules de quatre dels tipus més comuns de càncer (mama, pròstata, pulmó i còlon) i en tots ells va demostrar ser útil per localitzar nous gens relacionats amb aquestes malalties. El mètode va assenyalar 63 gens i un procés de validació biològica va confirmar que almenys 36 d'ells contribueixen al creixement irregular de les cèl·lules.



Un prototip basat en processament de llenguatge natural permet classificar automàticament mutacions tumorals

El grup de Processament de Llenguatge Natural ha desenvolupat un prototip d'aplicació per classificar automàticament mutacions genètiques de processos tumorals a partir d'informes clínics. El prototip s'ha entrenat automàticament amb articles clínics del Memorial Sloan Kettering Cancer Center de Nova York. La seva funció és ajudar als patòlegs a distingir quines de les moltes mutacions genètiques que tenen els seus pacients poden contribuir al creixement de tumors, una tasca que ara es duu a terme manualment i requereix molt de temps, ja que habitualment la seqüenciació genètica d'un tumor de càncer presenta milers de mutacions i la immensa majoria són neutrals per a la malaltia.

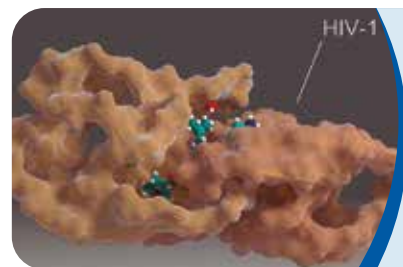


Col·laboració amb Almirall per buscar tractaments a malalties dermatològiques

El BSC ha iniciat col·laboracions amb l'empresa farmacèutica Almirall per identificar noves dianes terapèutiques de malalties dermatològiques i per utilitzar les tecnologies del centre per trobar fàrmacs inicials per al seu tractament. La identificació de les dianes es farà mitjançant l'anàlisi de grans quantitats de dades òmiques i la recerca del fàrmac, a través del software PELE.

Supercomputació per ajudar en la recerca de la vacuna contra el VIH amb IrsiCaixa

El BSC està col·laborant amb IrsiCaixa en un projecte per dissenyar una vacuna efectiva contra el VIH. El BSC utilitza el superordinador MareNostrum 4 i el software PELE per generar i testear informàticament anticossos que puguin ajudar a combatre el virus i que, després en el laboratori, ajudin a identificar-ne les parts més vulnerables.





Intel·ligència artificial aplicada

El FC Barcelona i el BSC creen un sistema intel·ligent per gestionar l'Espai Barça



El FC Barcelona i el BSC estan treballant en un projecte que aplica la internet de les coses i la intel·ligència artificial per crear un sistema intel·ligent que analitzarà i predirà el moviment de persones dins i fora de les instal·lacions del club blaugrana (Camp Nou, Palau Blaugrana, Estadi Johan Cruyff, Campus Barça, Museu i Barça Store, etc.) i aportarà informació en temps real per gestionar àmbits de l'activitat del club i de l'Espai Barça.

El projecte pretén modelitzar els moviments de les persones que passen per les instal·lacions, especial-

ment el Camp Nou, i per l'Espai Barça, tant en dies de partit com de no partit. El sistema intel·ligent monitoritzarà les instal·lacions, recollint les dades de sensors distribuïts pel terreny, i crearà una simulació informàtica que reproduirà els moviments habituals del públic. Aquesta simulació servirà per preveure quin seria el resultat de les diferents respostes que podria donar el club davant determinades situacions, ja siguin canvis previstos o incidències no previstes que s'estiguin produint en temps real.

El resultat d'aquestes simulacions permetran al FC Barcelona decidir, amb un elevat nivell d'informació rellevant, quina alternativa de resposta posa en marxa. Per obtenir aquests resultats, es combinaran diferents tecnologies punteres com són intel·ligència artificial, internet de les coses, *edge computing* i supercomputació.



Copernicus encarrega al BSC la codificació de dades i productes per a prediccions decennals

Copernicus, el programa d'observació de la Terra de la UE, ha posat en marxa un projecte per facilitar als sectors de les infraestructures, assegurances, agricultura i energia prediccions climàtiques a deu anys vista que els siguin d'utilitat per planificar el seu futur a mitjà termini. El BSC liderarà l'apartat sobre la codificació de dades i productes per a usuaris i durà a terme un cas d'estudi sobre la seva aplicació al sector agrícola.

HPC per a l'agricultura i la ramaderia

El BSC col·labora en el projecte d'innovació CYBELE, finançat per la CE amb 14 milions d'euros, que pretén demostrar com la convergència de l'HPC, les dades massives, la computació al núvol i la internet de les coses poden revolucionar l'agricultura, disminuir l'escassetat de productes bàsics i augmentar la producció d'aliments, proporcionant així beneficis socials, econòmics i mediambientals.





Intel·ligència artificial aplicada



El BSC col·labora en un projecte de l'Agència Espacial Europea per a l'ús de la intel·ligència artificial generativa a l'espai

El BSC investigarà l'ús de la intel·ligència artificial generativa per generar i augmentar conjunts de dades sintètiques procedents d'observacions a l'espai. En el projecte DeepLIM, finançat per l'Agència Espacial Europea (ESA), el BSC aportarà les tecnologies emergents del superordinador MareNostrum 4 i optimitzarà el rendiment de les biblioteques d'aprenentatge profund que intervenen en la generació de dades per simulació.



Projecte per ensenyar a les màquines a descriure peces del patrimoni cultural europeu

El BSC està generant descripcions d'obres del patrimoni cultural europeu amb mètodes d'aprenentatge profund i altres tècniques semàntiques i estadístiques per generar explicacions automàtiques d'imatges culturals amb llenguatge natural. El projecte es diu "Sant Jordi en moto", per la resposta que va donar una màquina en veure una imatge de Sant Jordi sobre el cavall matant el drac, al qual va confondre amb un gos.



Nou Centre d'Excel·lència Arm-BSC

El BSC i Arm Research han signat un acord per establir el Centre d'Excel·lència Arm-BSC, que ampliarà la interacció i la col·laboració entre les dues parts en camps que van des de l'HPC fins a la computació encastada en els cotxes, i des de la computació científica a sistemes en temps real. La col·laboració comprendrà arquitectura de computadors, sistemes en temps d'execució, models de programació per a la portabilitat del rendiment i altres àrees.

Premi Nacional al centre conjunt BSC-Repsol

El Govern de la Generalitat de Catalunya i la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRI) han distingit el centre conjunt Repsol - BSC Research Center amb el Premi Nacional de partenariat públic privat en R + D. Aquest reconeixement vol posar de relleu la llarga trajectòria de col·laboració dels dos centres en l'àmbit de la investigació en tecnologies de visualització del subsòl.



Descobreix-nos



Programa per apropar la supercomputació

"Computem amb tu" és el nou programa de divulgació del BSC per portar el públic fins a les portes dels superordinadors i mostrar-li què seria capaç de fer utilitzant aquesta infraestructura científica de gran valor per a la generació de coneixement.

El programa compta amb diferents línies d'actuació (visites guiades, visites per a escoles, visites per a instituts, cursos per a estudiants de secundària i batxillerat, jornades de portes obertes, formació per a professorat, participació en activitats de divulgació científica, etc). En totes elles, el BSC busca col·laborar en la creació de noves vocacions científiques i combatre la bretxa de gènere en les àrees tecnològiques.



Primera promoció del Bojos per la Supercomputació

Vint-i-cinc alumnes de batxillerat formen la primera promoció del programa Bojos per la Supercomputació, coorganitzat pel BSC i la Fundació Catalunya La Pedrera. L'alumnat ha atès 19 sessions dutes a terme per personal del BSC, amb matèries tan variades com introducció a la supercomputació, programar en paral·lel, simulacions, matemàtiques per a la supercomputació, intel·ligència artificial, ciutats intel·ligents, medicina personalitzada, canvi climàtic i computació quàntica.



5.500 alumnes de primària en el projecte "Som Investigadores"

Uns 5.500 alumnes de primària han participat al projecte "Som Investigadores" durant 2019. Aquest projecte, cofinançat per l'Ajuntament de Barcelona, acostava els més petits al món de la supercomputació i el pensament computacional amb activitats pensades per ser especialment atractives per a les nenes.

Nou rècord de visites a MareNostrum

L'any 2019 ha tancat amb un rècord absolut tant de visites com de número de visitants al supercomputador MareNostrum, superant les 19.800 persones. La xifra suposa un increment de més de 5.700 visitants respecte l'any anterior.



MareNostrum col·labora en una obra simfònica inspirada en la IA



MareNostrum és un dels artífex de *Human Brother*, peça musical per a soprano i orquestra del compositor Ferran Cruixent, que l'Orquestra Simfònica de Barcelona i Nacional de Catalunya

(OBC) va estrenar a L'Auditori. Cruixent explora el paper de la tecnologia en la creació i aquesta vegada va indagar en la relació entre IA i música. Artur García Sáez, doctor en física i investigador del BSC, va ser el seu aliat i guia en aquesta aventura. Junts van proporcionar a MareNostrum àudios de nombroses composicions simfòniques de Cruixent i el superordinador les va utilitzar de referència i per crear les seves pròpies propostes amb un algorisme d'aprenentatge automàtic.

El BSC agraeix el suport de:



El BSC és un consorci públic format per:



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Empresa
i Coneixement**



GOBIERNO
DE ESPAÑA
MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



UNIÓ EUROPEA
Fons Europeu de Desenvolupament Regional



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Infraestructuras
Científicas y Técnicas
Singulares



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Jordi Girona, 31
Edifici Torre Girona
08034 Barcelona (Espanya)

info@bsc.es
www.bsc.es