NANOTECNOLOGÍA

PARA VIAJAR POR LA

INMENSIDAD DEL ESPACIO

Dr. Pedro A. Serena
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
e-mail: pedro.serena@icmm.csic.es

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

De cosmonauta a nanonauta

1962

▲ Ensayos nucleares EEUU

▲ Ensayos nucleares URSS

● Misiones EEUU

● Misiones URSS

Enero 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
1	1	2	3	4	5	6	7
2	8	9	10	11	12	13	14
3	15	16	17	▲	19	20	21
4	22	23	24	25	●	27	28
5	29	30 ▲	31				

Febrero 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
5				1	2	3	4
6	5	6	7	8	9	10	11
7	12	13	14	15	16	17	18
8	19	●	21	22	23	24	25
9	26	27	28				

Marzo 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
9				1	2	[illegible]	4
10	5	6	7	8	9	10	11
11	12	13	14	15	16	17	18
12	19	20	21	22	23	24	25
13	26	27	28	29	30	31	

Abril 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
13							1
14	2	3	4	5	6	7	8
15	9	10	11	▲	13	▲	15
16	16	17	18	19	20	▲	22
17	23	24	▲	26	▲	28	29
18	30						

Mayo 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
18		1	▲	3	▲	5	▲
19	▲	8	9	▲	11	12	13
20	14	15	16	17	18	▲	20
21	21	22	23	●	▲	26	27
22	28	29	30	31			

Junio 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
22					1	2	3
23	4	5	6	7	8	9	10
24	11	12	13	14	15	16	17
25	18	19	20	21	22	23	24
26	25	26	27	28	29	30	

Julio 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
26							1
27	2	3	4	5	6	7	8
28	9	●	11	12	13	14	15
29	16	17	18	19	20	21	●
30	23	24	25	26	27	★	29
31	30	31					

Agosto 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
31			1	2	3	4	5
32	6	7	8	9	10	11	12
33	13	14	15	16	17	18	19
34	20	21	22	23	▲	●	26
35	●	28	29	30	31		

Septiembre 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
35						●	2
36	3	4	5	▲	7	8	9
37	10	11	12	13	▲	15	16
38	17	18	19	20	21	22	23
39	24	25	26	27	28	29	30

Octubre 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
40	1	▲	●	4	▲	▲	▲
41	8	9	10	11	▲	13	14
42	15	16	17	18	19	20	21
43	22	23	●	25	26	▲	▲
44	29	▲	31				

Noviembre 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
44				●	2	3	4
45	5	6	7	8	9	10	11
46	12	13	14	15	16	17	18
47	19	20	21	22	23	24	25
48	26	27	28	29	30		

Diciembre 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
48						1	2
49	3	▲	5	6	▲	8	9
50	10	11	▲	●	▲	15	16
51	17	18	19	20	21	●	23
52	24	▲	26	27	28	29	30
1	31						

Enero 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
1	1	2	3	4	5	6	7
2	8	9	10	11	12	13	14
3	15	16	17	▲	19	20	21
4	22	23	24	25	●	27	28
5	29	30 ▲	31				

Febrero 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
5				1	2	3	4
6	5	6	7	8	9	10	11
7	12	13	14	15	16	17	18
8	19	●	21	22	23	24	25
9	26	27	28				

Marzo 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
9				1	2		4
10	5	6	7	8	9	10	11
11	12	13	14	15	16	17	18
12	19	20	21	22	23	24	25
13	26	27	28	29	30	31	

Abril 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
13							1
14	2	3	4	5	6	7	8
15	9	10	11	▲	13	▲	15
16	16	17	18	19	20	▲	22
17	23	24	▲	26	▲	28	29
18	30						

Mayo 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
18		1					▲
19	▲	8					13
20	14	15					20
21	21	22					27
22	28	29					

Junio 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
22					1		
23	4	5	6	7	8		
24	11	12	13	14	15		
25	18	19	20	21	22		
26	25	26	27	28	29		

Julio 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
						4	15
						1	●
							29

Agosto 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
						4	5
						11	12
						18	19
						●	26

Septiembre 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
						●	2
		▲			7	8	9
		3	▲			15	16
		0			21	22	23
		7			28	29	30

Octubre 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
40	1	▲	●	4	▲	▲	▲
41	8	9	10	11	▲	13	14
42	15	16	17	18	19	20	21
43	22	23	●	25	26	▲	▲
44	29	▲	31				

Noviembre 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
44				●	2	3	4
45	5	6	7	8	9	10	11
46	12	13	14	15	16	17	18
47	19	20	21	22	23	24	25
48	26	27	28	29	30		

Diciembre 1962

	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
48						1	2
49	3	▲		6	▲	8	9
50	10	11	▲	●	▲	15	16
51	17	18	19	20	21	●	23
52	24	▲	26	27	28	29	30
1	31						

Energía atómica

Guerra fría

Familia

Política

Televisión

Rock

Pop

Religión

Cine

Escuela

Carrera espacial

Comic

Amigos

De cosmonauta a nanonauta

El 20 de julio de 1969 la misión Apolo 11, colocó a los primeros hombres en la **Luna**: Neil Armstrong y Edwin F. Aldrin.

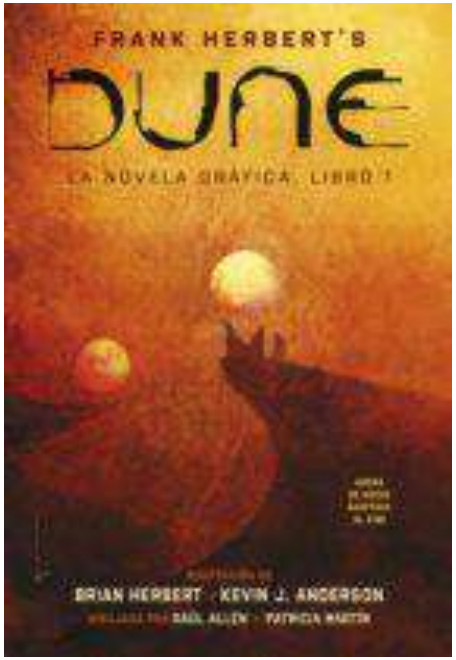
La conquista del espacio‘ (“Star trek” - TOS‘)
se estrenó en TVE el 7 de enero de 1969.

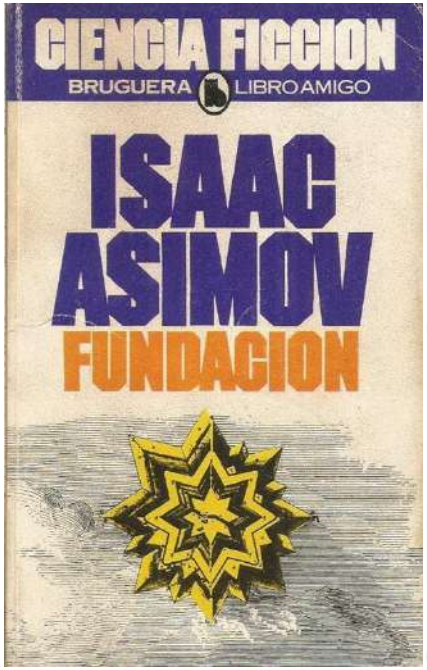
La serie **"Capitán Marte y el XL5"** inició su emisión en RTVE el 20 de octubre de 1970 (en el Reino Unido, que se produjo de octubre de 1962 a octubre de 1963).

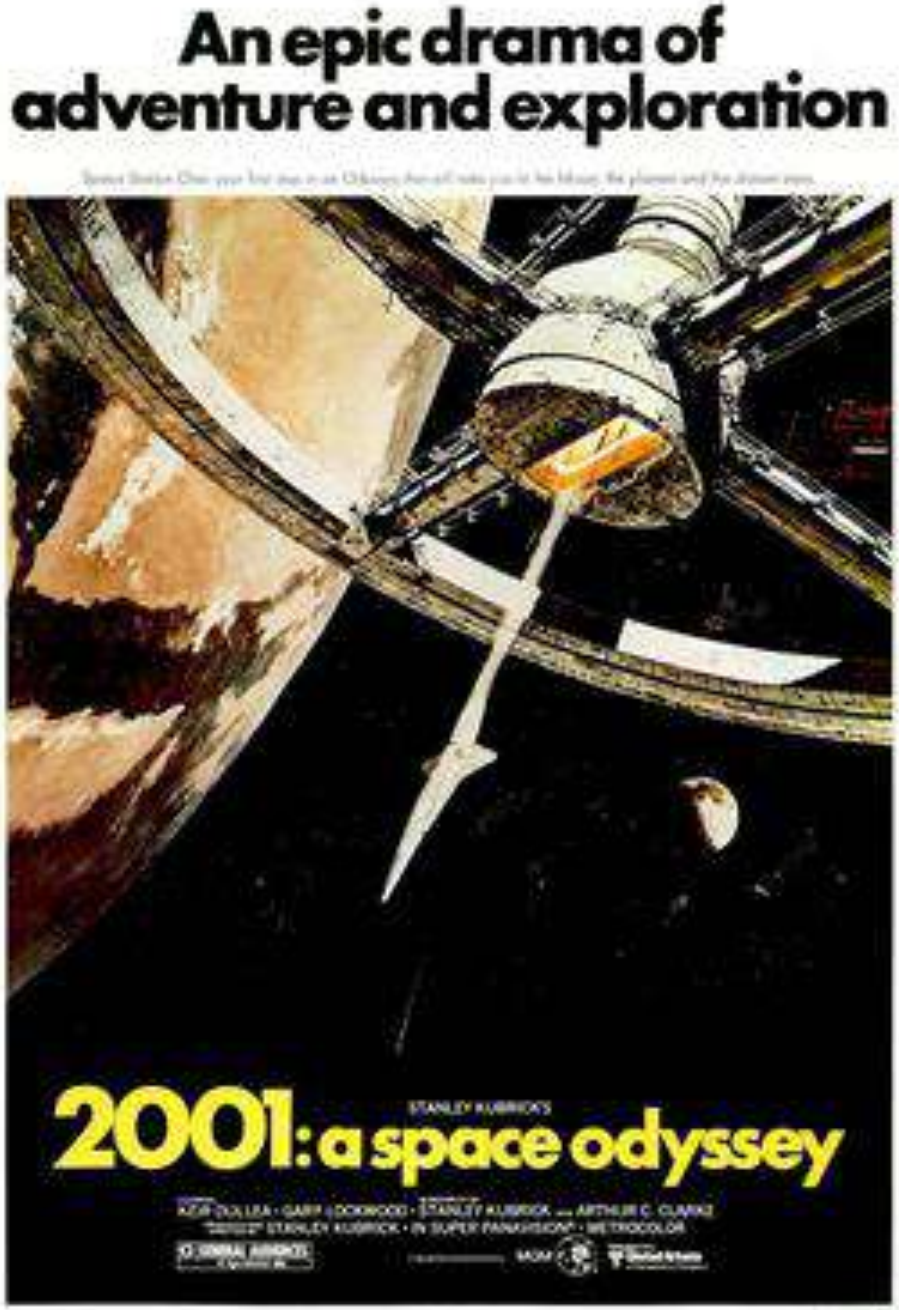
I.E.S. GREGORIO MARAÑÓN
Barrio del Pilar
Madrid

CIENCIA FICCION
Arthur C. Clarke
CITA CON RAMA
Ganadora de los premios Hugo, Nebula, Júpiter, John W. Campbell Memorial y British Science Fiction
BOLSILLO

STANISŁAW
LEM
DIARIOS DE LAS ESTRELLAS. VIAJES
BRUGUERA LIBROAMIGO


FRANK HERBERT'S
DUNE
LA NOVELA GRÁFICA. LIBRO 1
BRIAN HERBERT · KEVIN J. ANDERSON


CIENCIA FICCION
BRUGUERA LIBROAMIGO
ISAAC
ASIMOV
FUNDACION


An epic drama of adventure and exploration
STANLEY KUBRICK'S
2001: a space odyssey

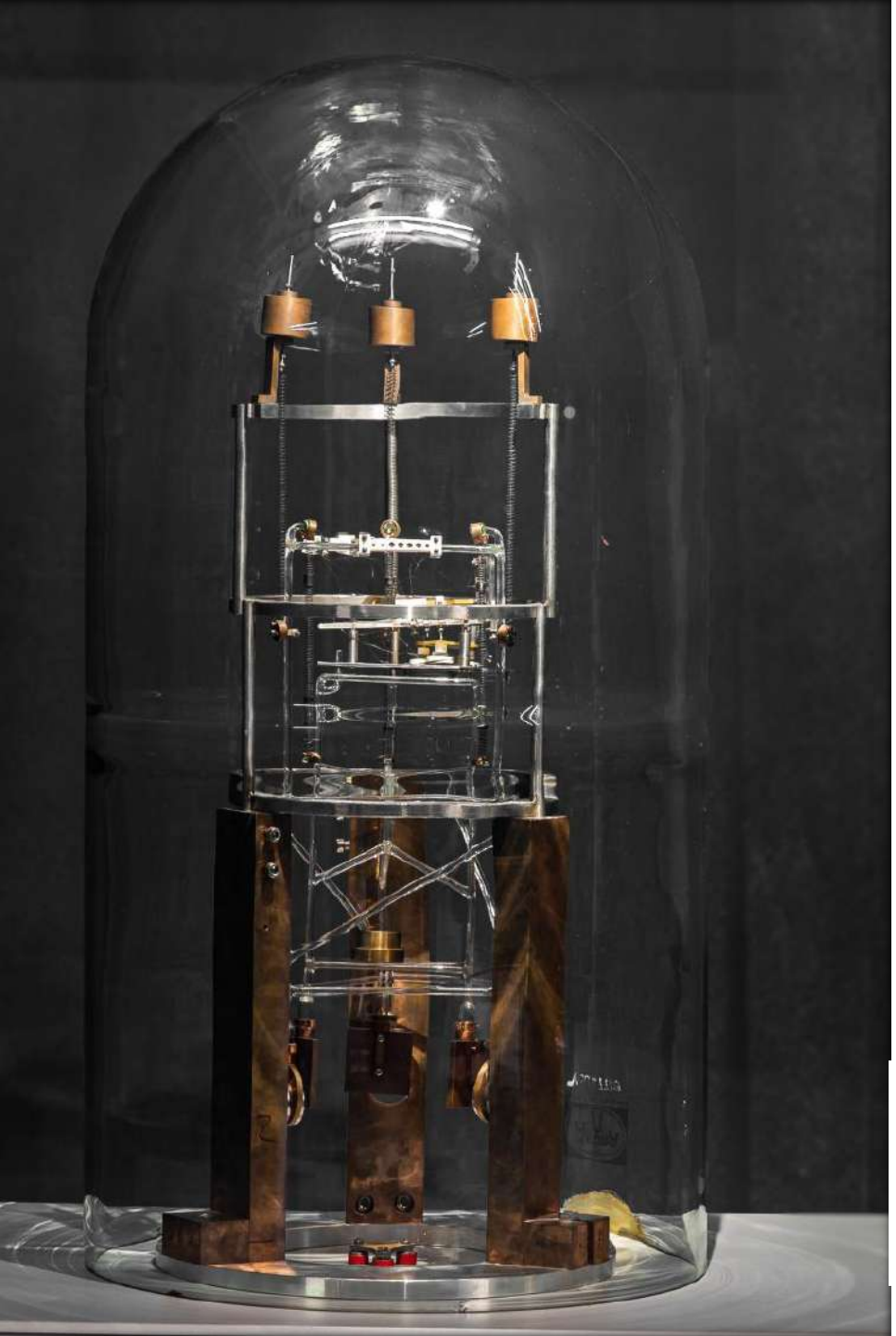
UAM
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE MADRID

En 1983, empieza a funcionar en el IAC su Escuela de Posgrado con la dotación de puestos de "astrofísicos residentes".

En 1984 se estrena, en TVE,
“Cosmos” de Carl Sagan

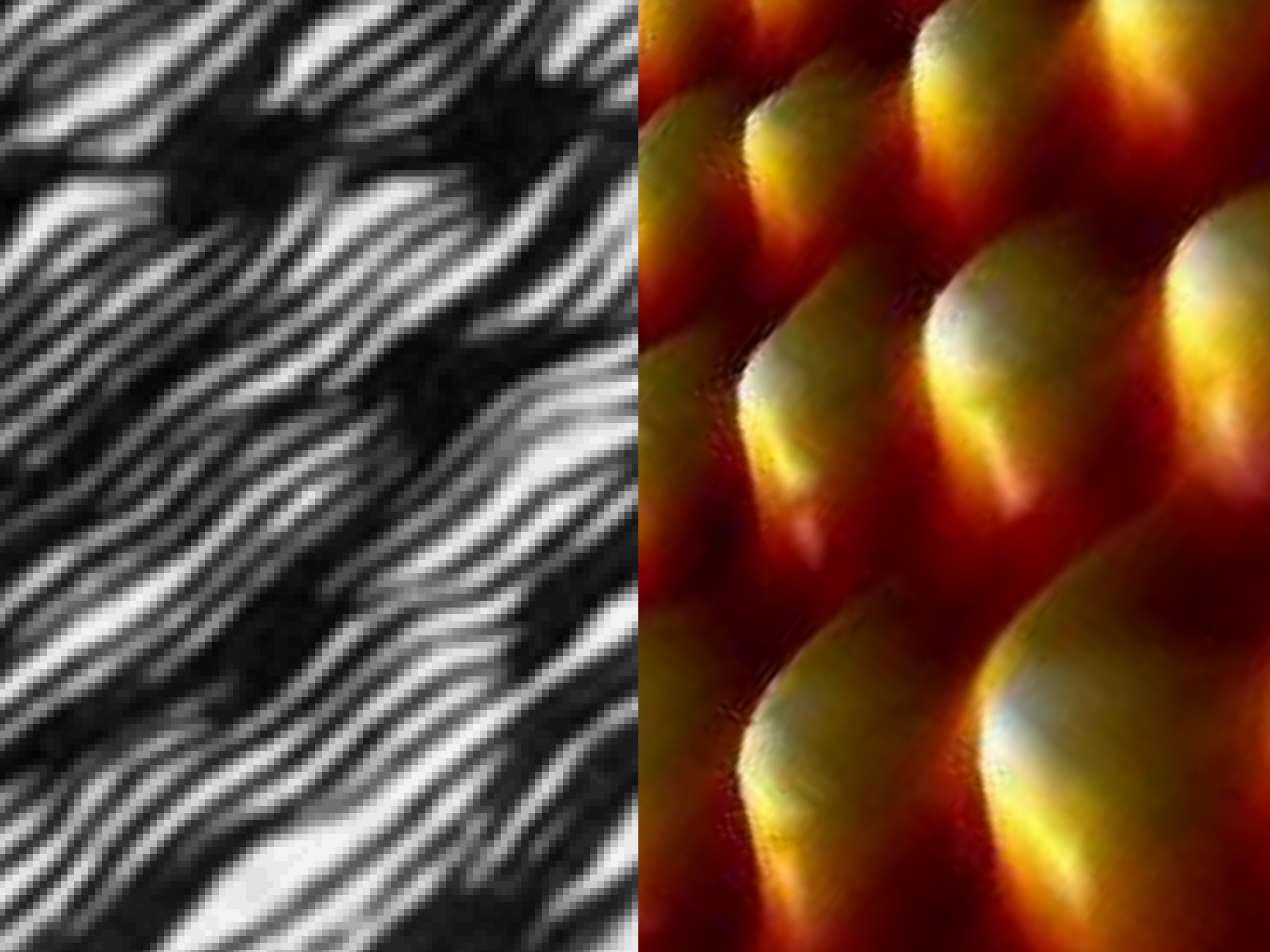
1984
CONFLICTO DRAMÁTICO

1981: Y en esto llegó el STM y con él la revolución...



1984: La “movida científica” madrileña

MUNCYT
MUSEO NACIONAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA



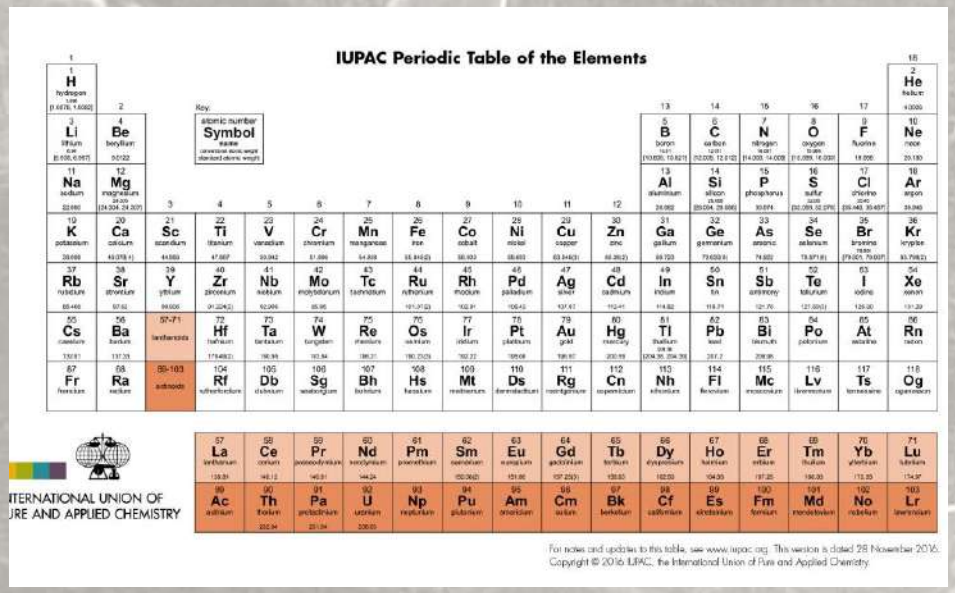
“El espacio:
la última frontera”

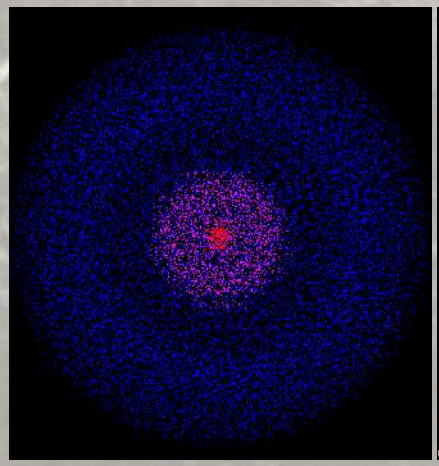
“El nanomundo: donde habitan los átomos”

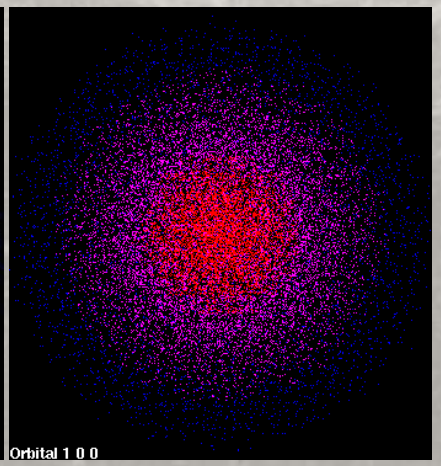
nano ciencia

NANOCIENTÍFICOS/AS

BLOQUES

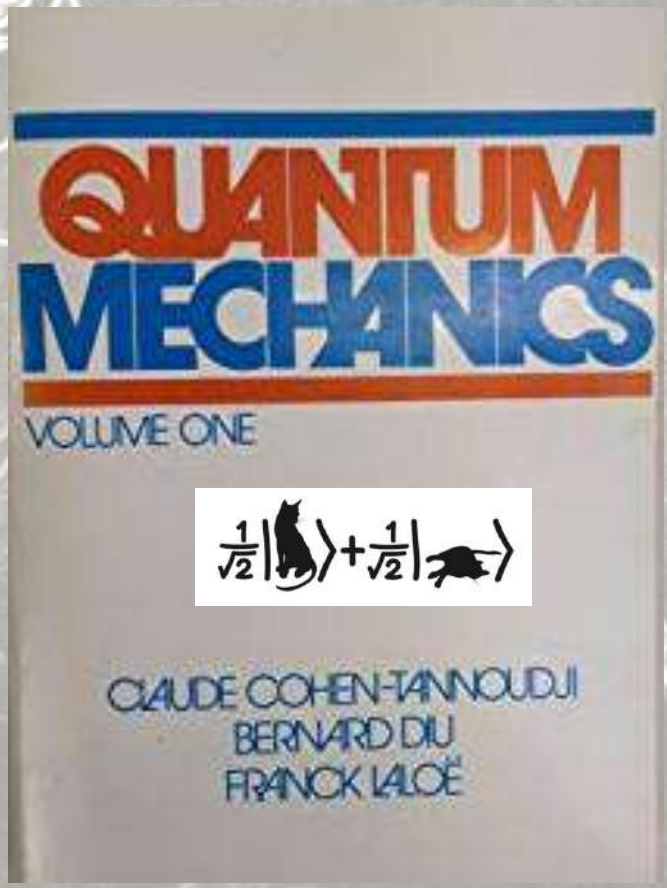


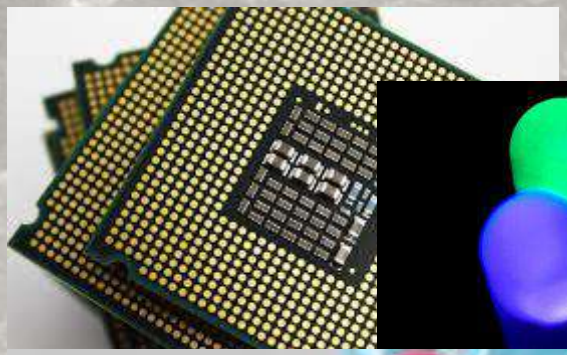


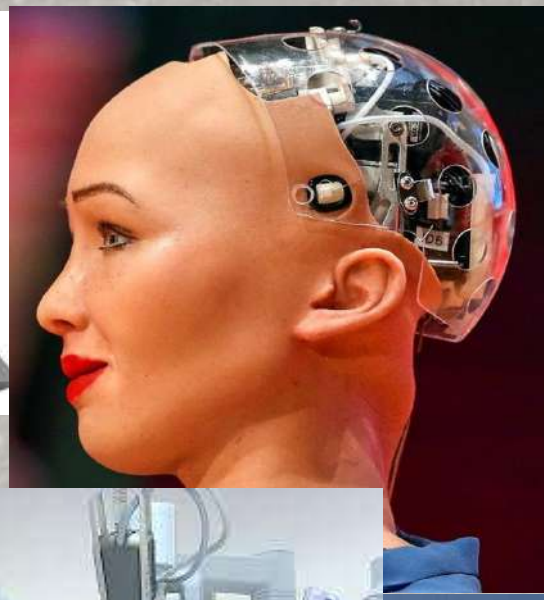


+

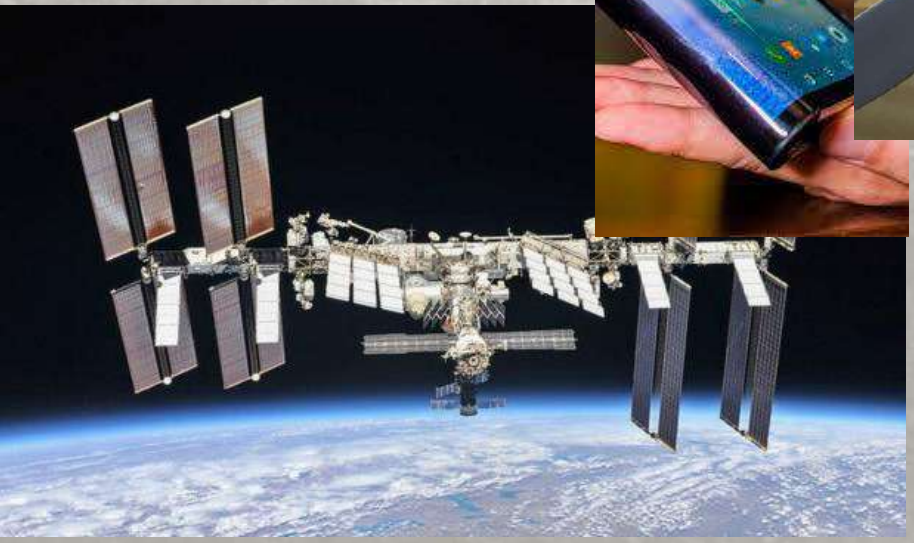
INSTRUCCIONES







Vestas
Vestas



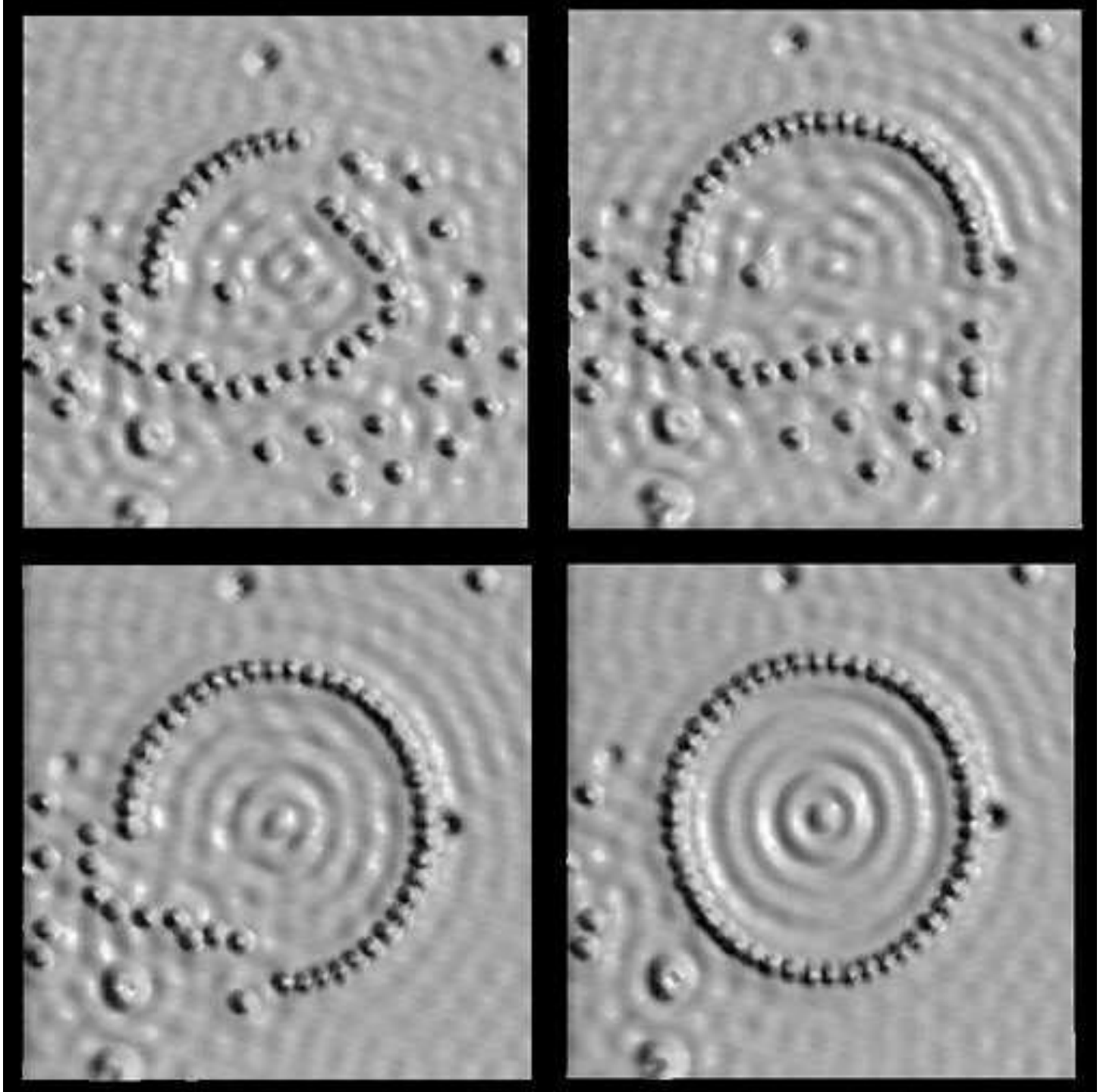
There's Plenty of Room at the Bottom

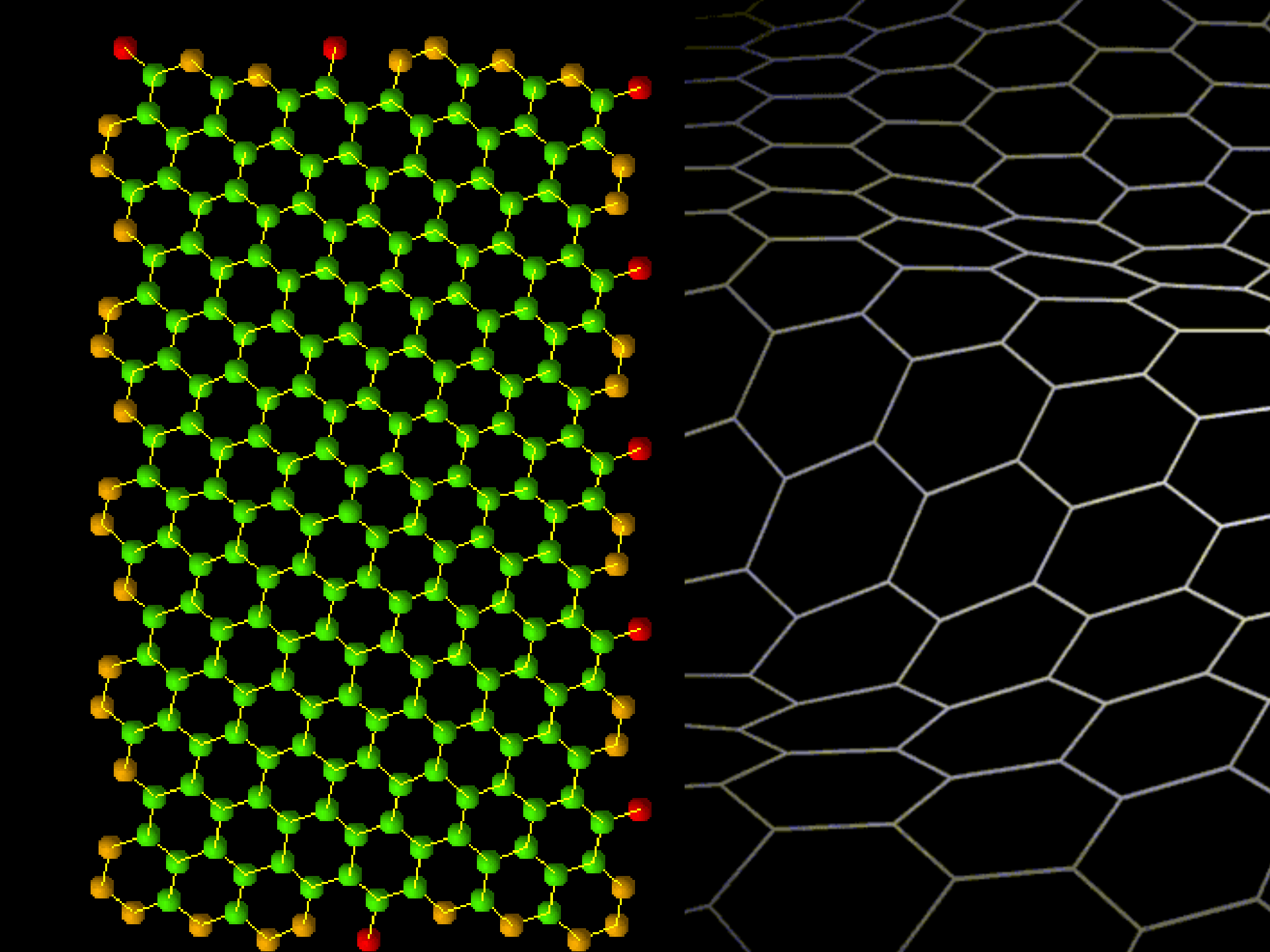
An invitation to enter a new field of physics.

by Richard P. Feynman

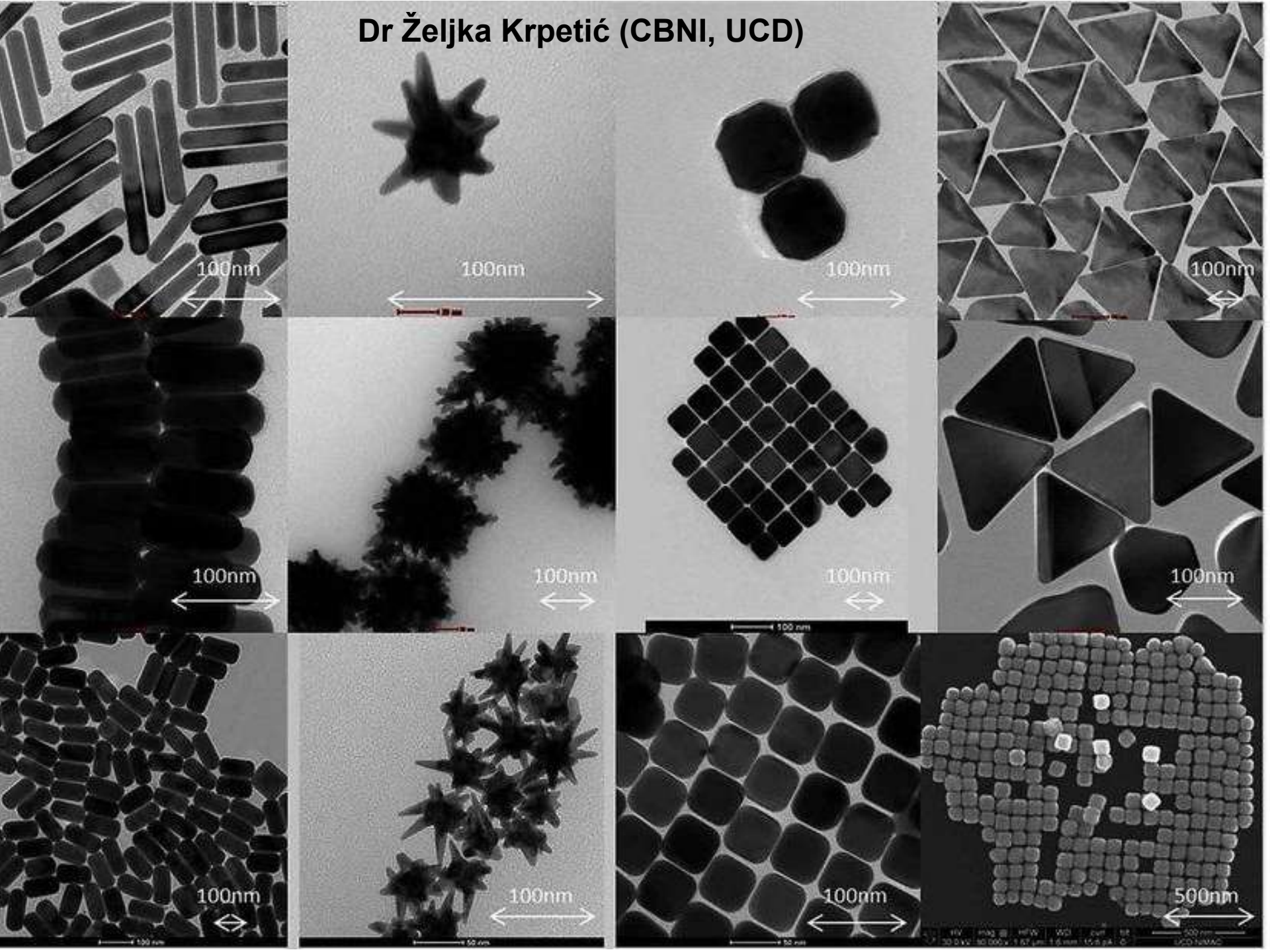
Caltech Archives

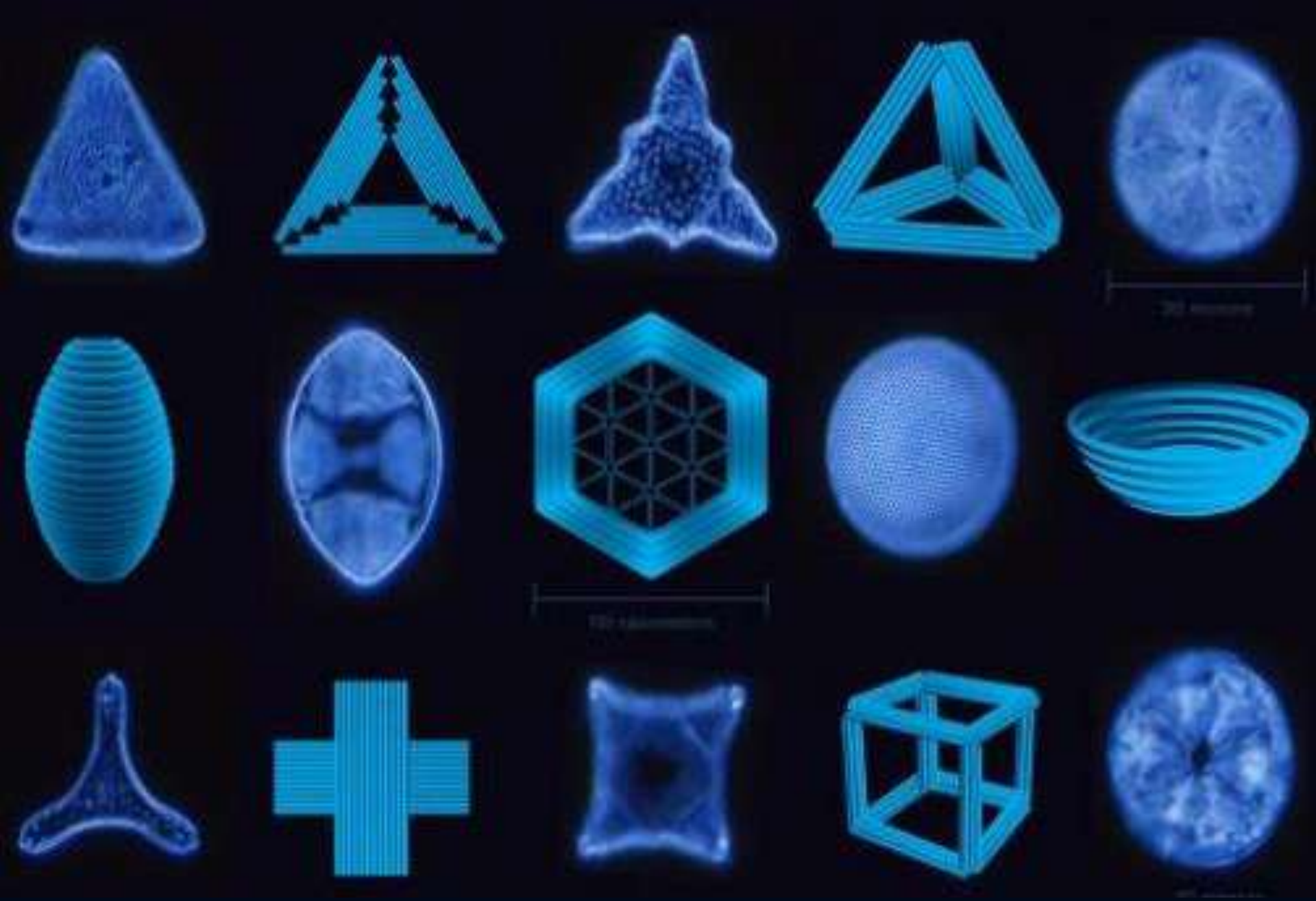
LO NANO
ES
DIFERENTE



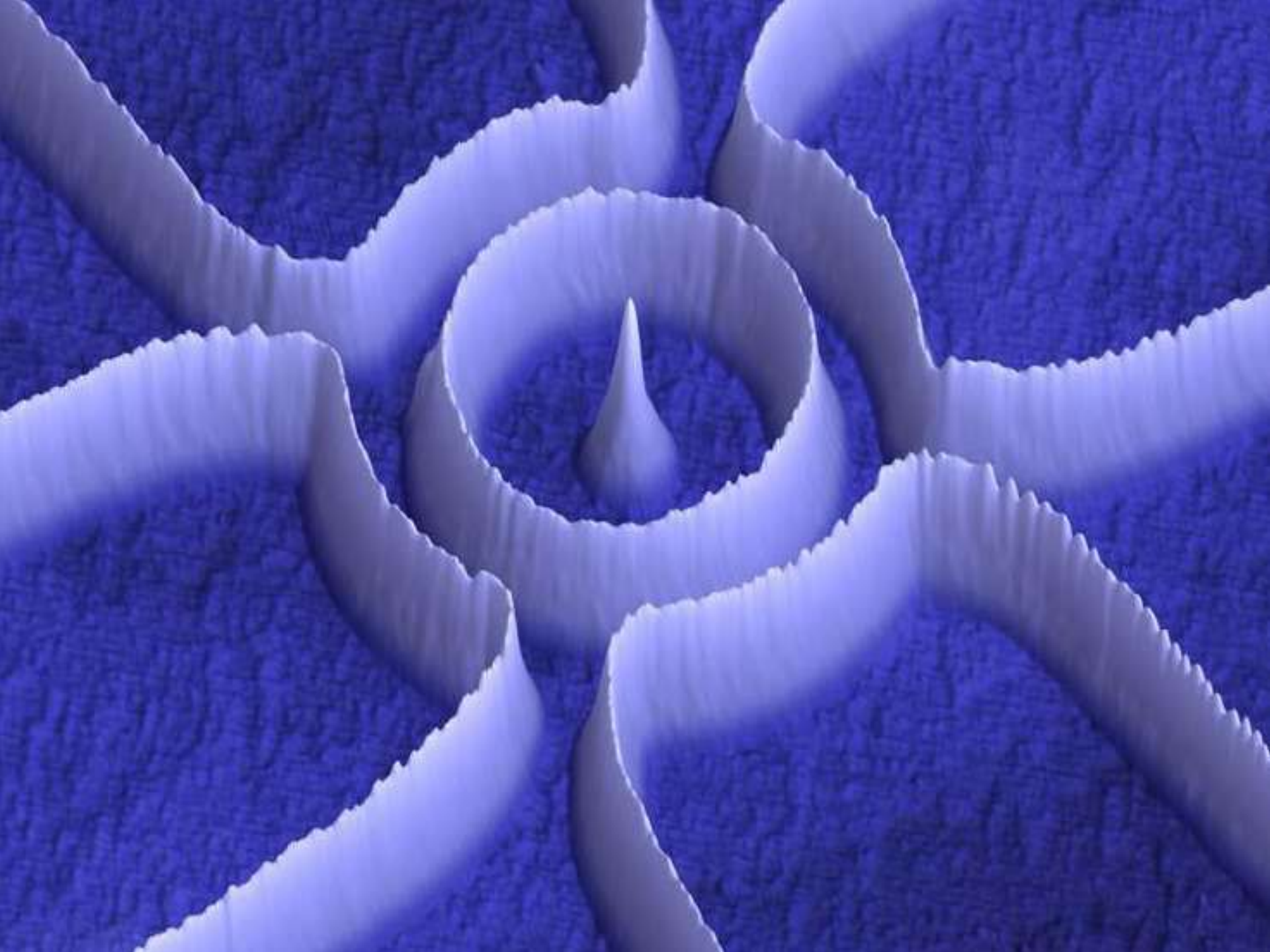


Dr Željka Krpetić (CBNI, UCD)



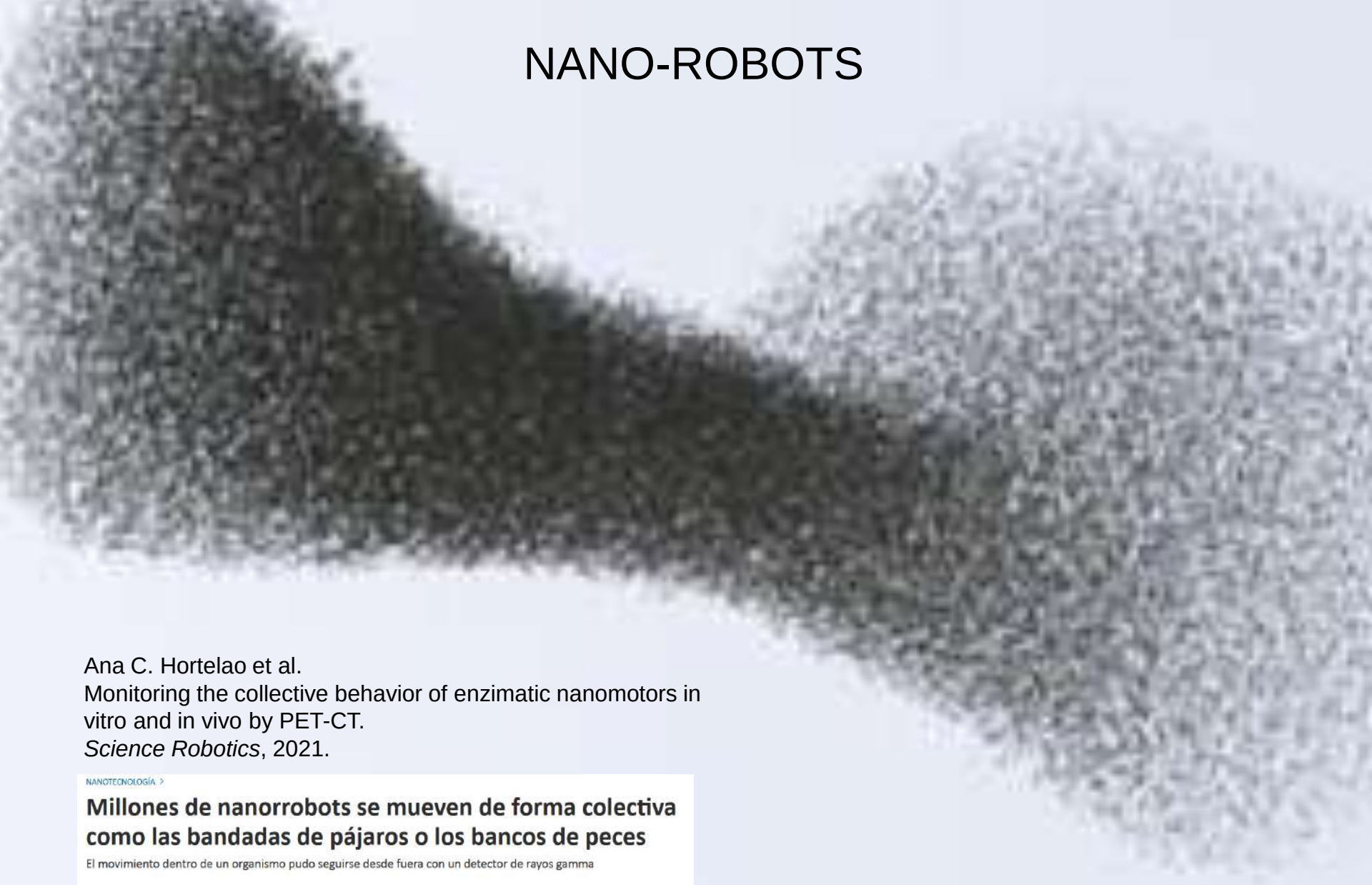


https://www.nature.com/articles/s41586-018-0332-7



Cui, H., et al.
Nature Mater. 18, 234–241 (2019).

NANO-ROBOTS



Ana C. Hortelao et al.
Monitoring the collective behavior of enzimatic nanomotors in vitro and in vivo by PET-CT.
Science Robotics, 2021.

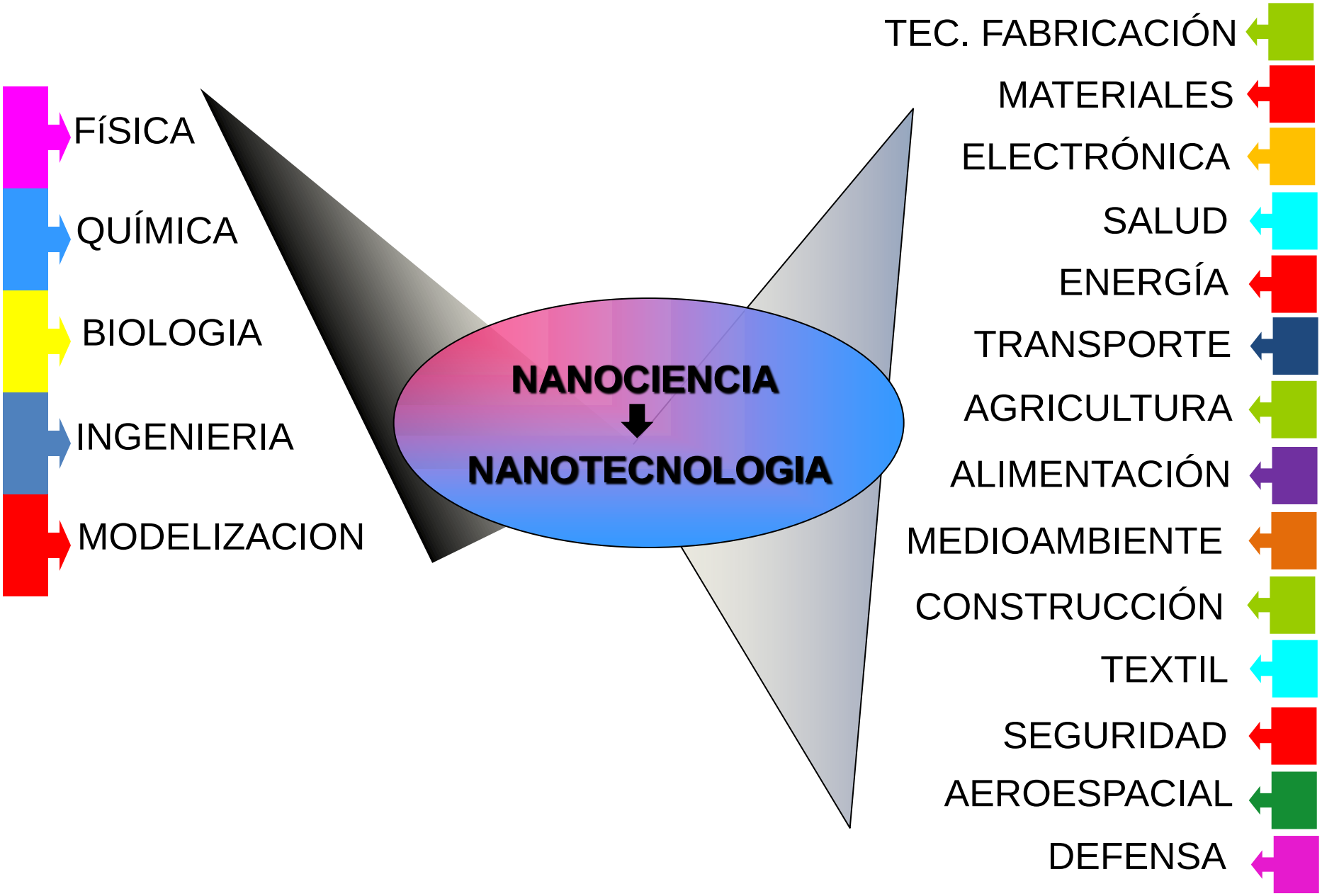
NANOTECNOLOGÍA >

Millones de nanorrobots se mueven de forma colectiva como las bandadas de pájaros o los bancos de peces

El movimiento dentro de un organismo pudo seguirse desde fuera con un detector de rayos gamma

nano tecnología

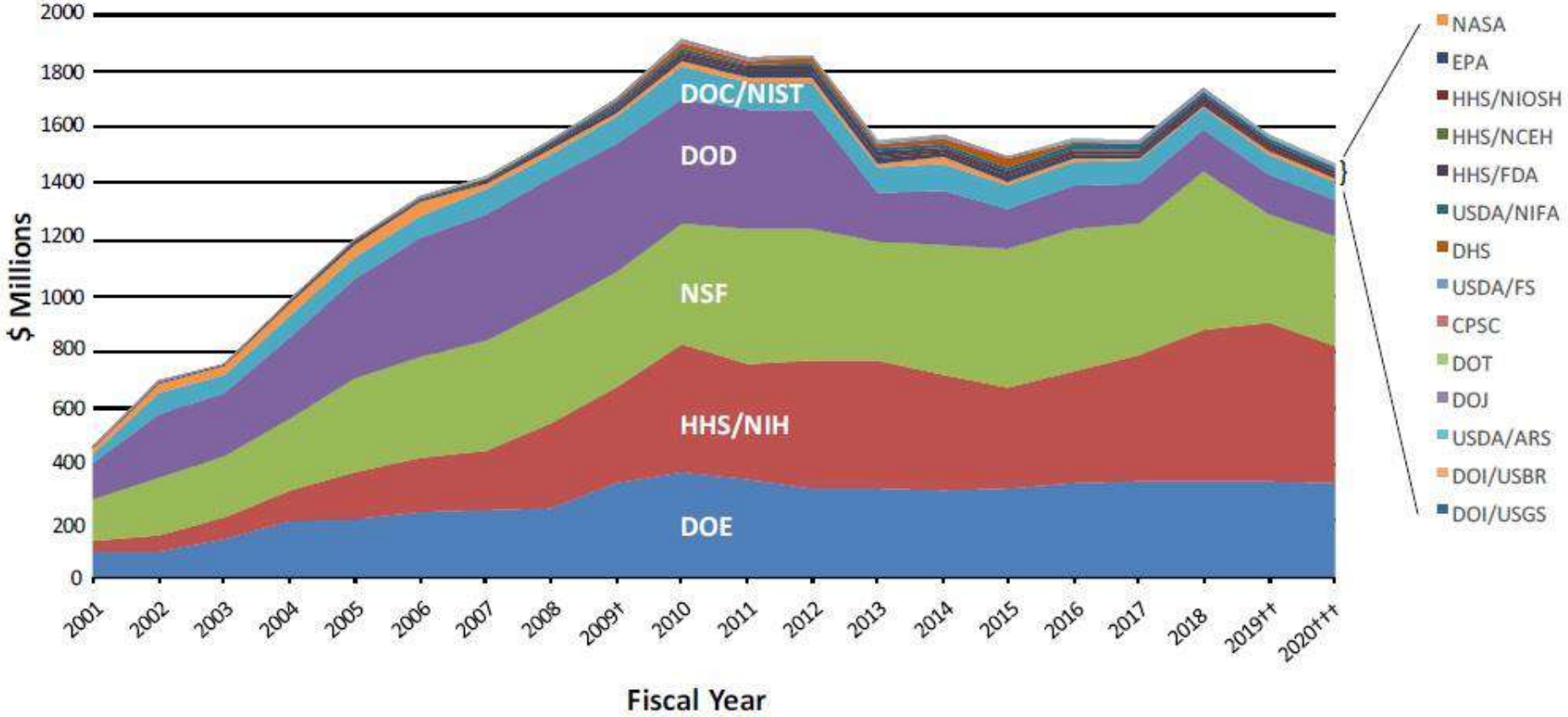
DE LA NANOCIENCIA A LA NANOTECNOLOGÍA



2001: Bill Clinton, Presidente de los EEUU presenta la **National Nanotechnology Initiative (NNI)**

National Nanotechnology Initiative (NNI)

https://www.nano.gov/2020BudgetSupplement

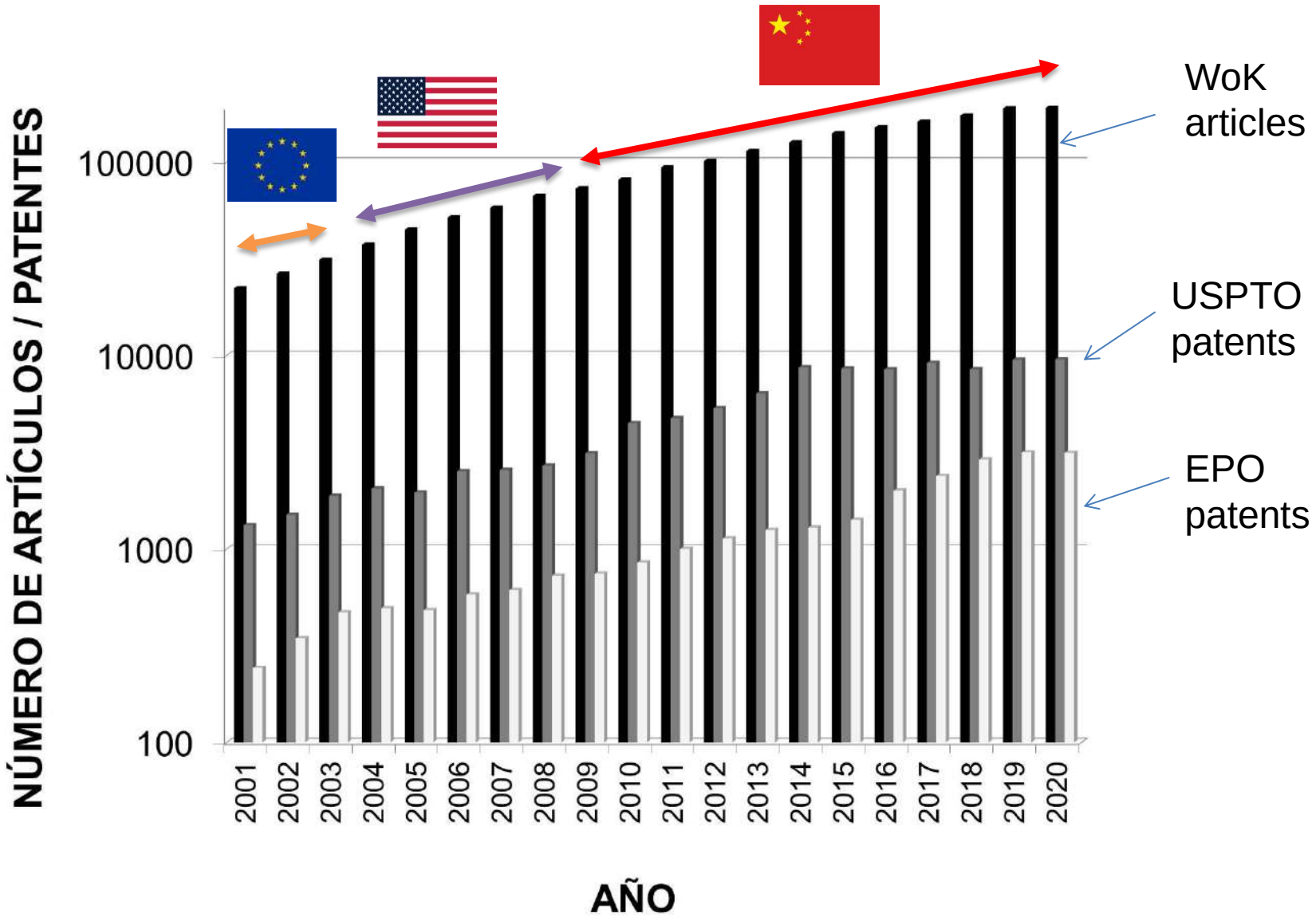


29.000 millones de Dólares entre 2001 y 2020

Nanotechnology Products Database

http://product.statnano.com/

2021/04/12



Nanotechnology
Products Database

http://product.statnano.com/

2021/09/02

INTRODUCTION

Nanotechnology Products Database (NPD) provides a reliable source of information about nanotechnology products, currentl

nanohype
nano

nano

CONVERGENCIA **NBIC**

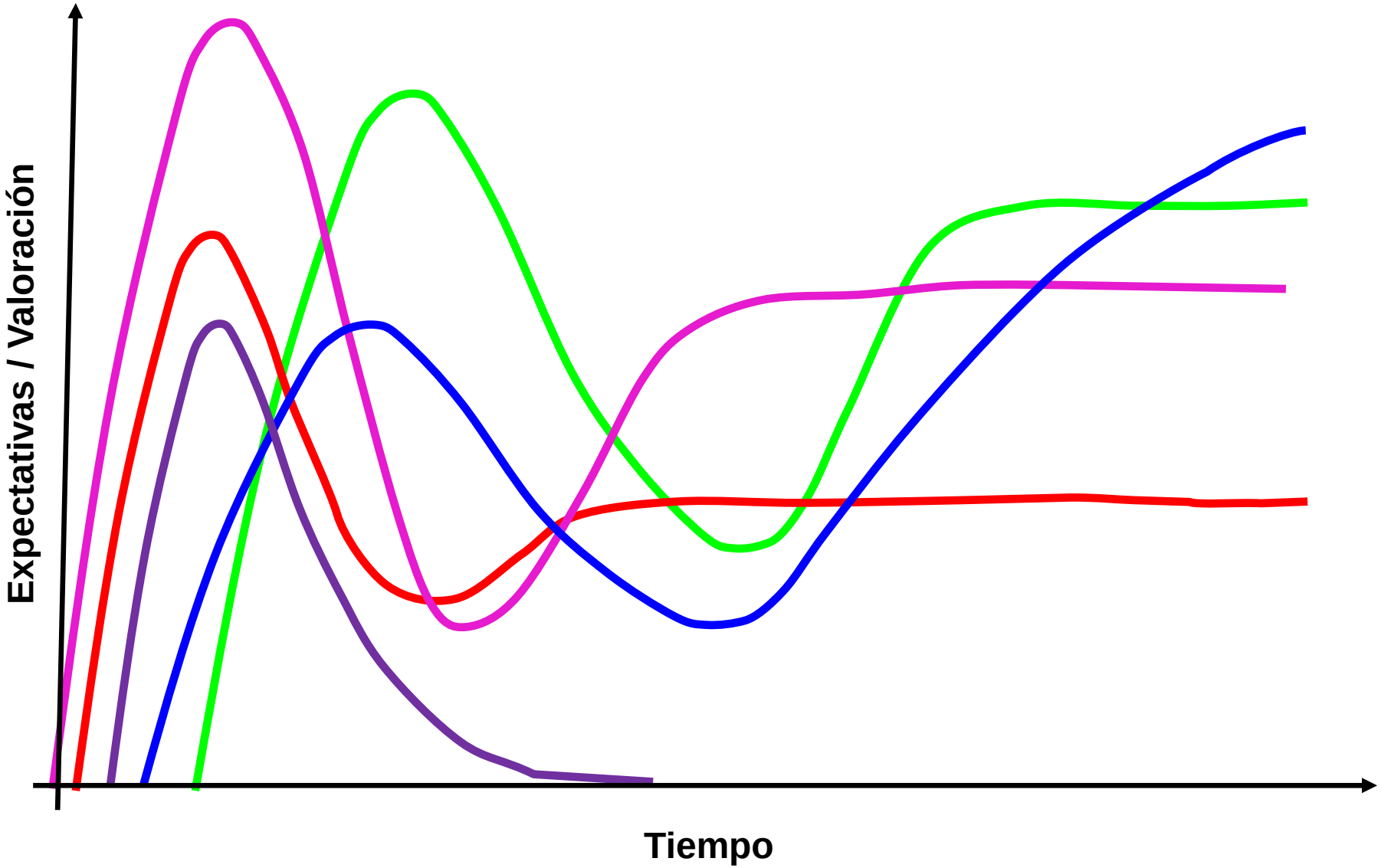
NANO

BIO

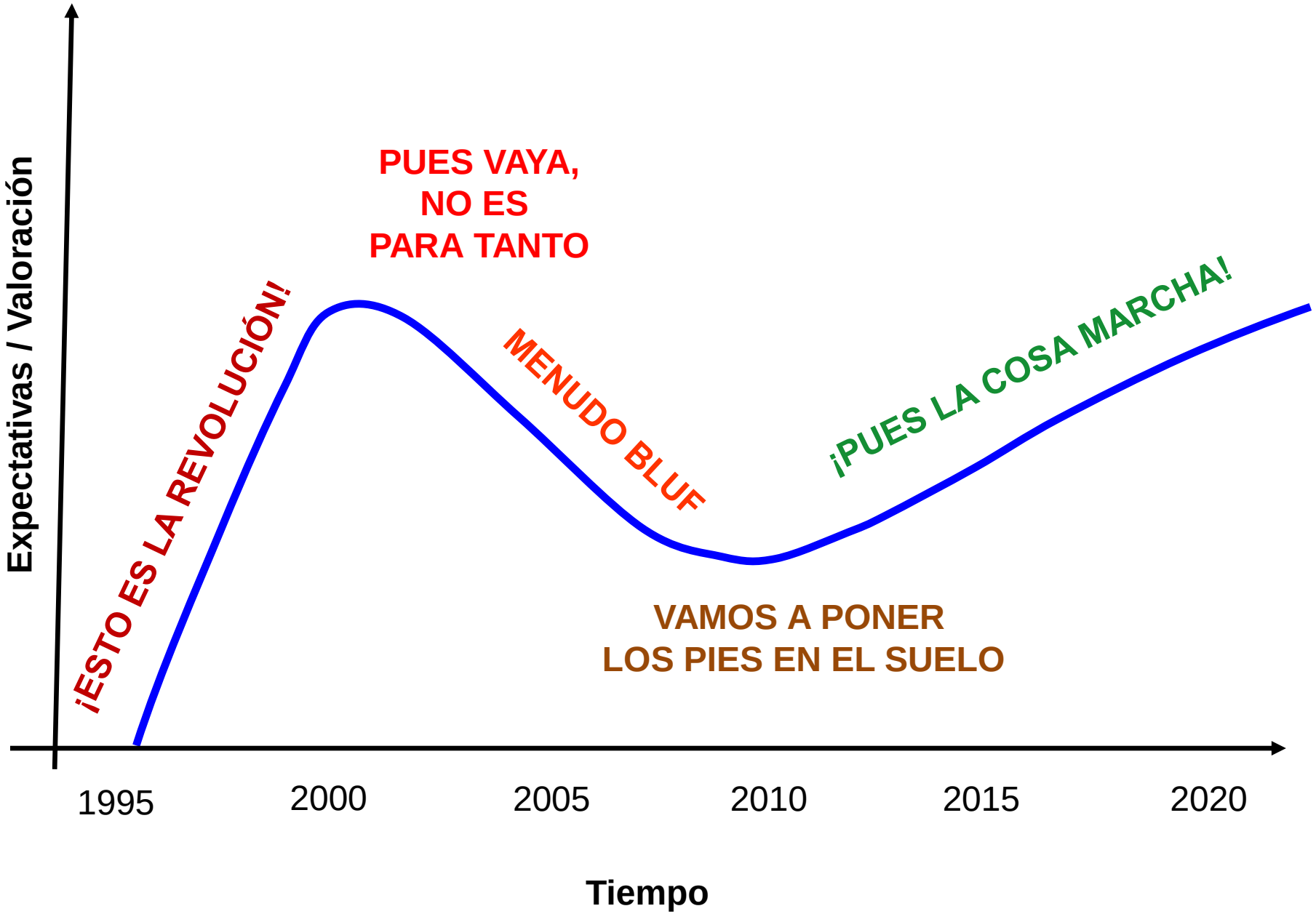
INFO

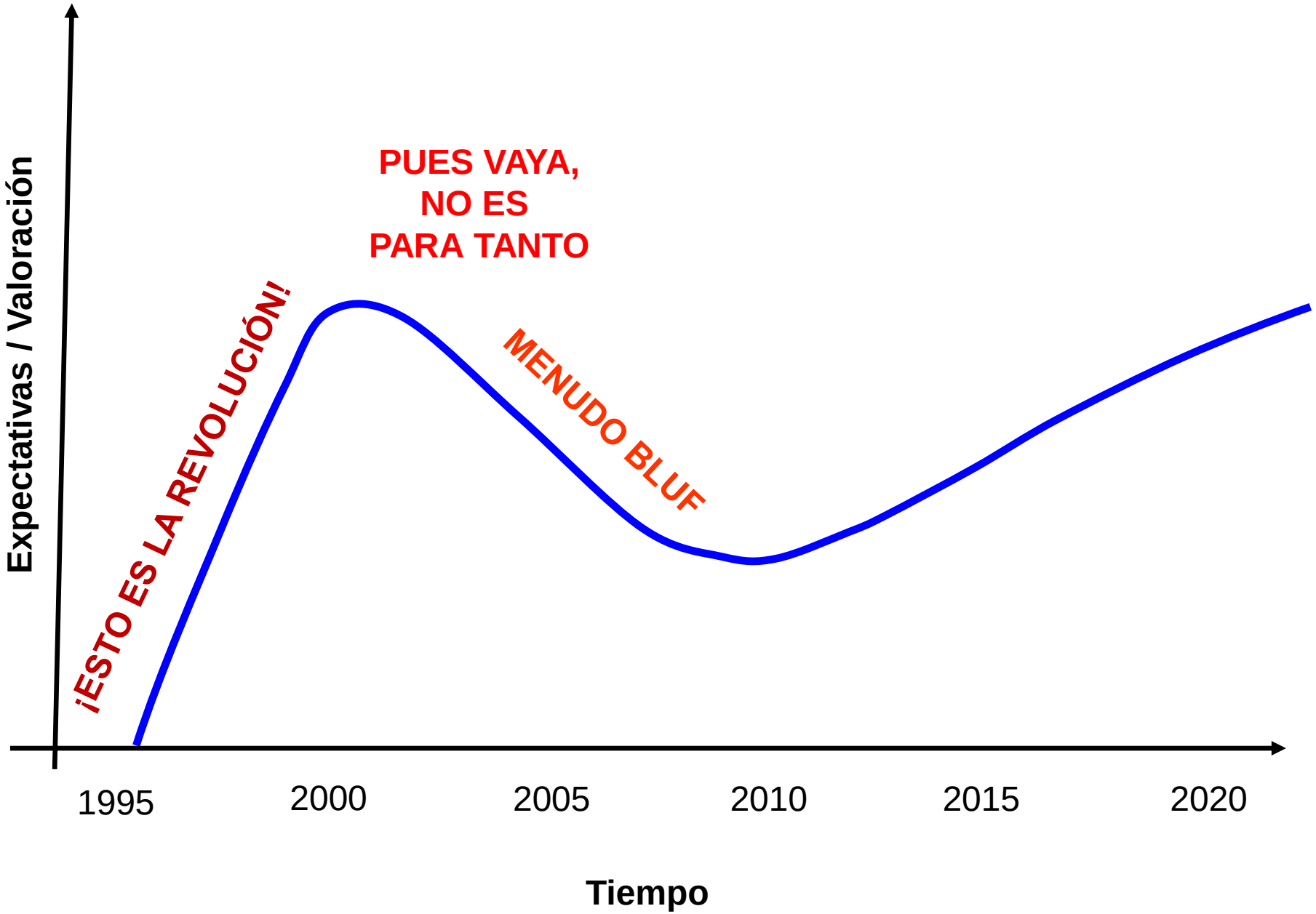
COGNO

CURVAS DE EXPECTATIVAS DE LA NANOTECNOLOGÍA (SECTORIALES)



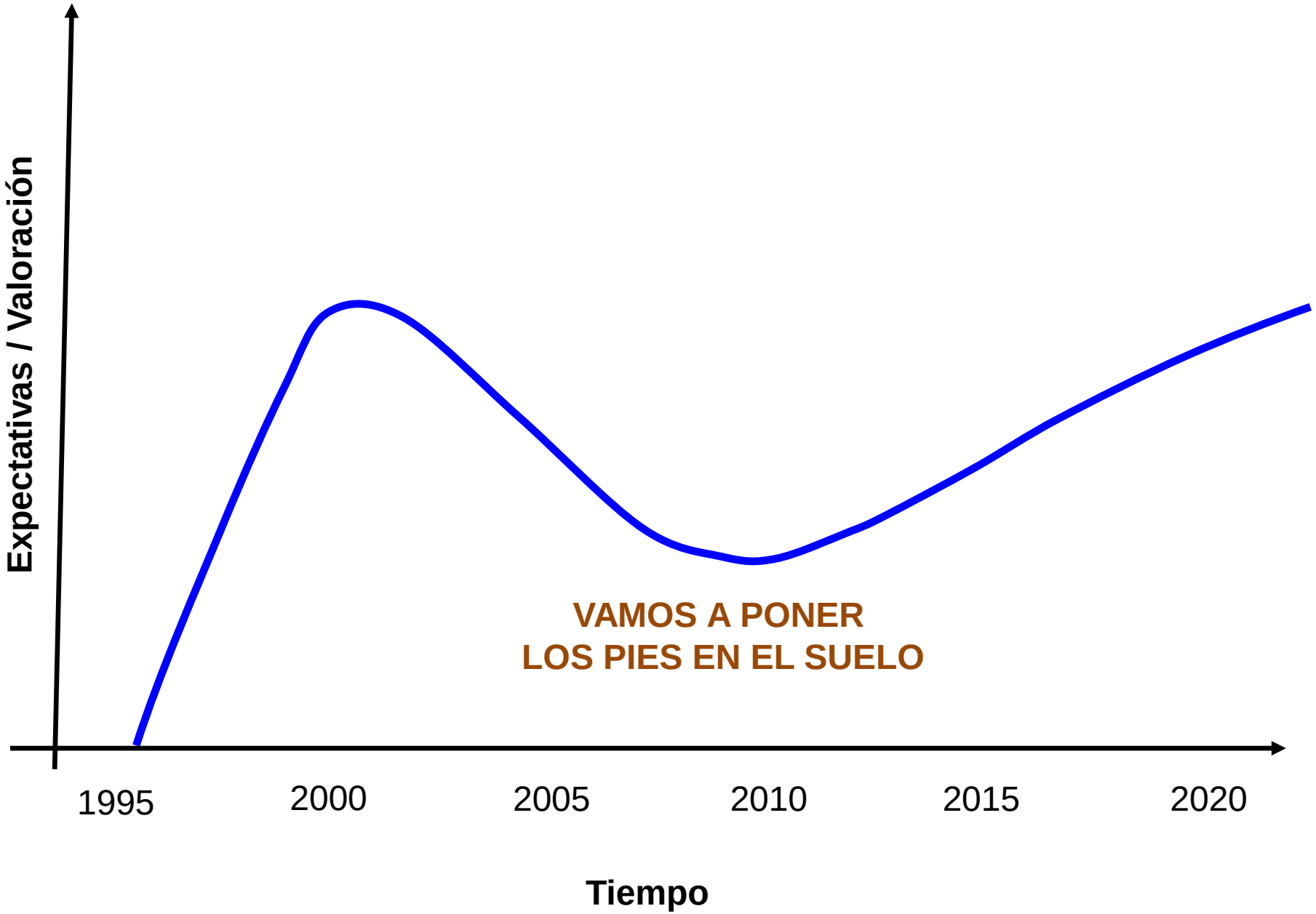
nanotecnología para el espacio

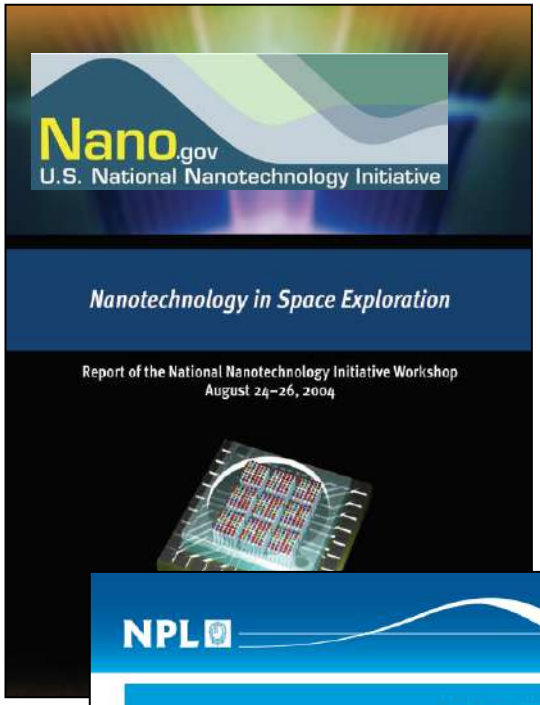

Expectativas / Valoración
¡ESTO ES LA REVOLUCIÓN!
PUES VAYA,
NO ES
PARA TANTO
MENUDO BLUF
VAMOS A PONER
LOS PIES EN EL SUELO
¡PUES LA COSA MARCHA!
1995
2000
2005
2010
2015
2020
Tiempo

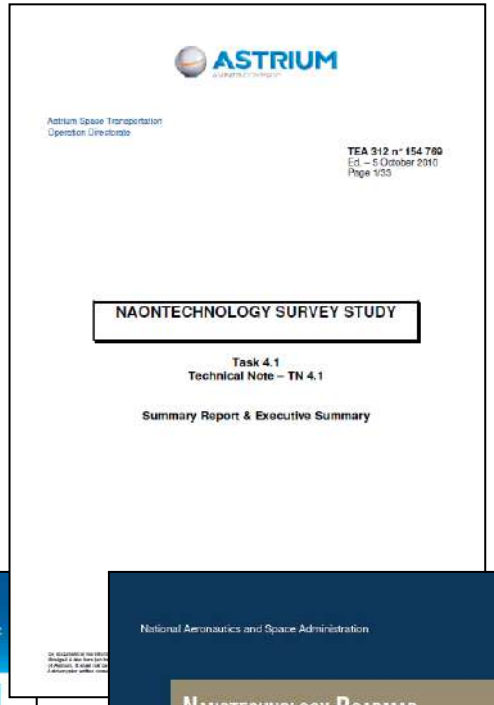

Expectativas / Valoración
¡ESTO ES LA REVOLUCIÓN!
PUES VAYA,
NO ES
PARA TANTO
MENUDO BLUF
1995
2000
2005
2010
2015
2020
Tiempo

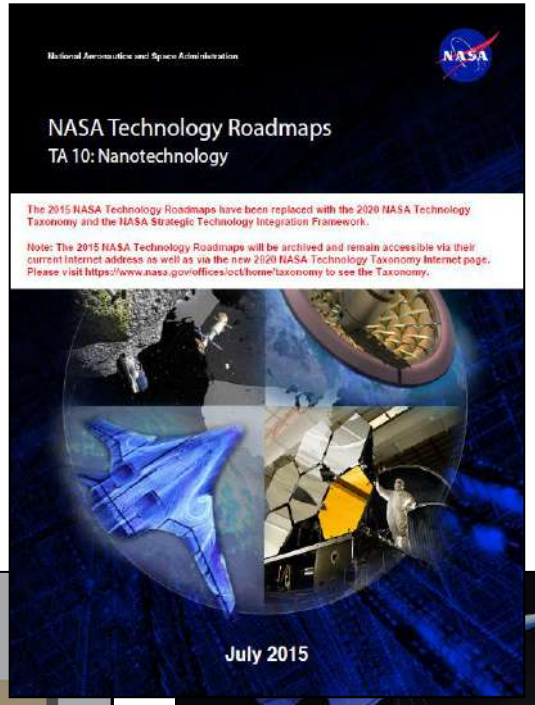
ASCENSOR ESPACIAL
Cable basado en nanotubos de carbono (CNT)

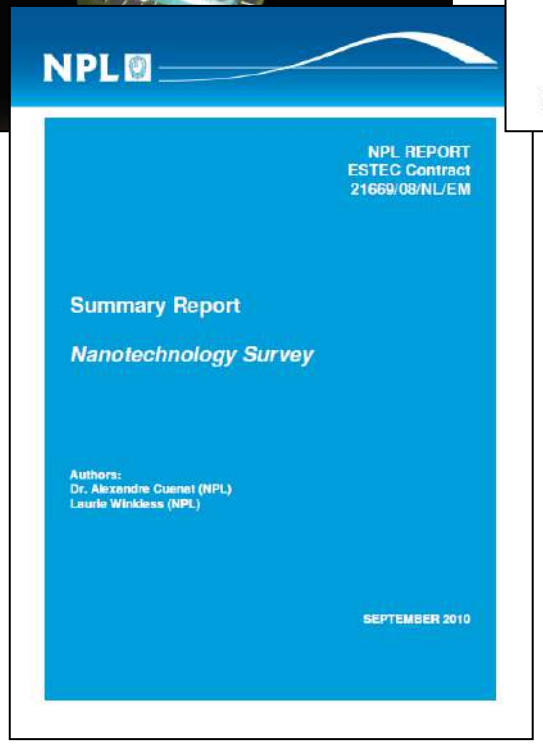
Puesta en marcha:
En 2003 Liftport Co. (EEUU) propuso el 12 de abril de 2018
En 2012 Obayashi Corporation (Japón) propuso el 2050

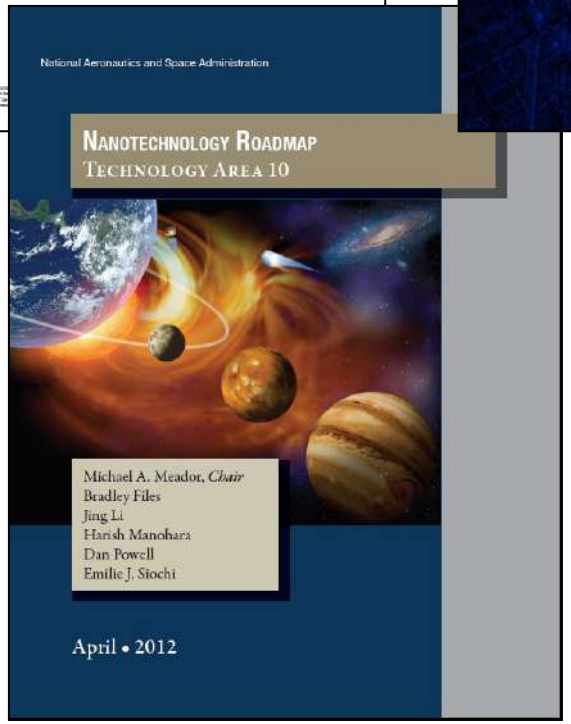

Expectativas / Valoración
VAMOS A PONER
LOS PIES EN EL SUELO
1995
2000
2005
2010
2015
2020
Tiempo


Nano.gov
U.S. National Nanotechnology Initiative
Nanotechnology in Space Exploration
Report of the National Nanotechnology Initiative Workshop
August 24–26, 2004


ASTRIUM
Astrium Space Transportation
Operation Directorate
TEA 312 n° 154 780
Ed. – 5 October 2010
Page 1/33
NAONTECHNOLOGY SURVEY STUDY
Task 4.1
Technical Note – TN 4.1
Summary Report & Executive Summary


National Aeronautics and Space Administration
NASA
NASA Technology Roadmaps
TA 10: Nanotechnology
The 2015 NASA Technology Roadmaps have been replaced with the 2020 NASA Technology Taxonomy and the NASA Strategic Technology Integration Framework.
Note: The 2015 NASA Technology Roadmaps will be archived and remain accessible via their current Internet address as well as via the new 2020 NASA Technology Taxonomy Internet page. Please visit https://www.nasa.gov/offices/oct/home/taxonomy to see the Taxonomy.
July 2015


NPL
NPL REPORT
ESTEC Contract
21669/08/NL/EM
Summary Report
Nanotechnology Survey
Authors:
Dr. Alexandre Cuenat (NPL)
Laurie Winkless (NPL)
SEPTEMBER 2010


National Aeronautics and Space Administration
NANOTECHNOLOGY ROADMAP
TECHNOLOGY AREA 10
Michael A. Meador, Chair
Bradley Files
Jing Li
Harish Manohara
Dan Powell
Emilie J. Siochi
April • 2012

NASA
2020
NASA
Technology
Taxonomy

NANOTECNOLOGÍA EN LA ESTRATEGIA NASA2020

TX01: Propulsion Systems
TX02: Flight Computing and Avionics
TX03: Aerospace Power and Energy Storage
TX04: Robotic Systems
TX05: Communications, Navigation, and Orbital Debris Tracking and Characterization Systems
TX06: Human Health, Life Support, and Habitation Systems
TX07: Exploration Destination Systems
TX08: Sensors and Instruments
TX09: Entry, Descent, and Landing
TX10: Autonomous Systems
TX11: Software, Modeling, Simulation, and Information Processing
TX12: Materials, Structures, Mechanical Systems, and Manufacturing
TX13: Ground, Test, and Surface Systems
TX14: Thermal Management Systems
TX15: Flight Vehicle Systems
TX16: Air Traffic Management and Range Tracking Systems
TX17: Guidance, Navigation, and Control

2020 NASA Technology Taxonomy

TX01 Propulsion Systems
- 1.1 Chemical Space Propulsion
- 1.2 Electric Space Propulsion
- 1.3 Aero Propulsion
- 1.4 Advanced Propulsion

TX02 Flight Computing and Avionics
- 2.1 Avionics Component Technologies
- 2.2 Avionics Systems and Subsystems
- 2.3 Avionics Tools, Models, and Analysis

TX03 Aerospace Power and Energy Storage
- 3.1 Power Generation and Energy Conversion
- 3.2 Energy Storage
- 3.3 Power Management and Distribution

TX04 Robotic Systems
- 4.1 Sensing and Perception
- 4.2 Mobility
- 4.3 Manipulation
- 4.4 Human-Robot Interaction
- 4.5 Autonomous Rendezvous and Docking
- 4.6 Robotics Integration

TX05 Communications, Navigation, and Orbital Debris Tracking/Characterization Systems
- 5.1 Optical Communications
- 5.2 Radio Frequency
- 5.3 Internetworking
- 5.4 Network Provided Position, Navigation, and Timing
- 5.5 Revolutionary Communications Technologies
- 5.6 Networking and Ground Based Orbital Debris Tracking and Management
- 5.7 Acoustic Communications

TX06 Human Health, Life Support, and Habitation Systems
- 6.1 Environmental Control and Life Support Systems and Habitation Systems
- 6.2 Extravehicular Activity Systems
- 6.3 Human Health and Performance
- 6.4 Environmental Monitoring, Safety, and Emergency Response
- 6.5 Radiation
- 6.6 Human Systems Integration

TX07 Exploration Destination Systems
- 7.1 In-Situ Resource Utilization
- 7.2 Mission Infrastructure, Sustainability, and Supportability
- 7.3 Mission Operations and Safety

TX08 Sensors and Instruments
- 8.1 Remote Sensing Instruments and Sensors
- 8.2 Observatories
- 8.3 In-Situ Instruments and Sensors

TX09 Entry, Descent, and Landing
- 9.1 Aeroassist and Atmospheric Entry
- 9.2 Descent
- 9.3 Landing
- 9.4 Vehicle Systems

TX10 Autonomous Systems
- 10.1 Situational and Self Awareness
- 10.2 Reasoning and Acting
- 10.3 Collaboration and Interaction
- 10.4 Engineering and Integrity

TX11 Software, Modeling, Simulation, and Information Processing
- 11.1 Software Development, Engineering, and Integrity
- 11.2 Modeling
- 11.3 Simulation
- 11.4 Information Processing
- 11.5 Mission Architecture, Systems Analysis, and Concept Development
- 11.6 Ground Computing

TX12 Materials, Structures, Mechanical Systems, and Manufacturing
- 12.1 Materials
- 12.2 Structures
- 12.3 Mechanical Systems
- 12.4 Manufacturing
- 12.5 Structural Dynamics

TX13 Ground, Test, and Surface Systems
- 13.1 Infrastructure Optimization
- 13.2 Test and Qualification
- 13.3 Assembly, Integration, and Launch
- 13.4 Mission Success Technologies

TX14 Thermal Management Systems
- 14.1 Cryogenic Systems
- 14.2 Thermal Control Components and Systems
- 14.3 Thermal Protection Components and Systems

TX15 Flight Vehicle Systems
- 15.1 Aerosciences
- 15.2 Flight Mechanics

TX16 Air Traffic Management and Range Tracking Systems
- 16.1 Safe All Vehicle Access
- 16.2 Weather/Environment
- 16.3 Traffic Management Concepts
- 16.4 Architectures and Infrastructure
- 16.5 Range Tracking, Surveillance, and Flight Safety Technologies
- 16.6 Integrated Modeling, Simulation, and Testing

TX17 Guidance, Navigation, and Control (GN&C)
- 17.1 Guidance and Targeting Algorithms
- 17.2 Navigation Technologies
- 17.3 Control Technologies
- 17.4 Attitude Estimation Technologies
- 17.5 GNC Systems Engineering Technologies
- 17.6 Technologies for Aircraft Trajectory Generation, Management, and Optimization for Airspace Operations

OBJETIVOS DE LA APLICACIÓN DE LA NANOTECONOLOGÍA EN EL SECTOR ESPACIAL (2004-2015)

Reducción de costes

Reducción de masa, más durabilidad, mayor autonomía

Capacidades mejoradas

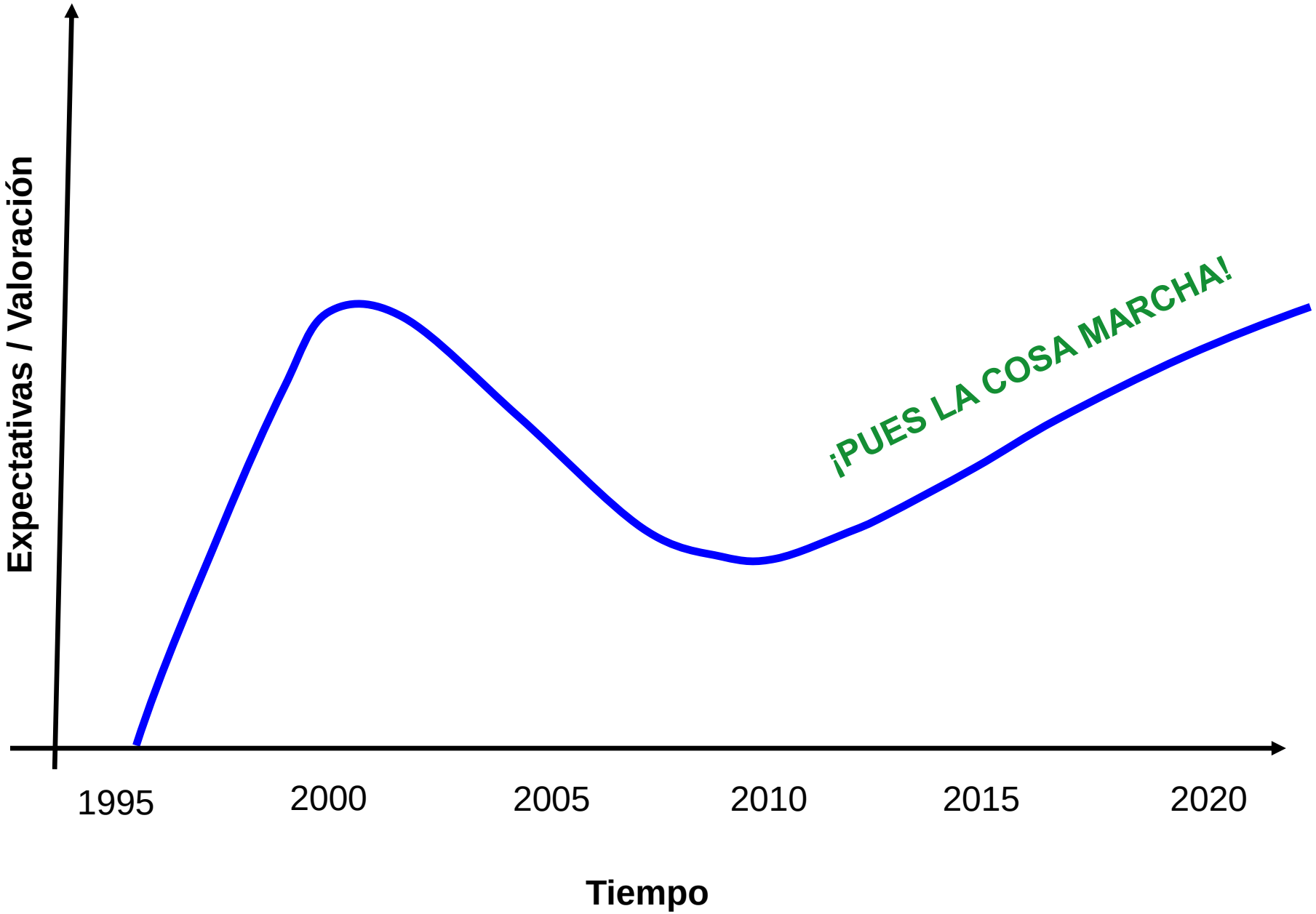
Comunicaciones, procesado de datos, instrumental, sensores, materiales, automatización, escudos de protección,…

Disminución de riesgos de misiones

Sistemas redundantes que operan en paralelo

Nuevos conceptos

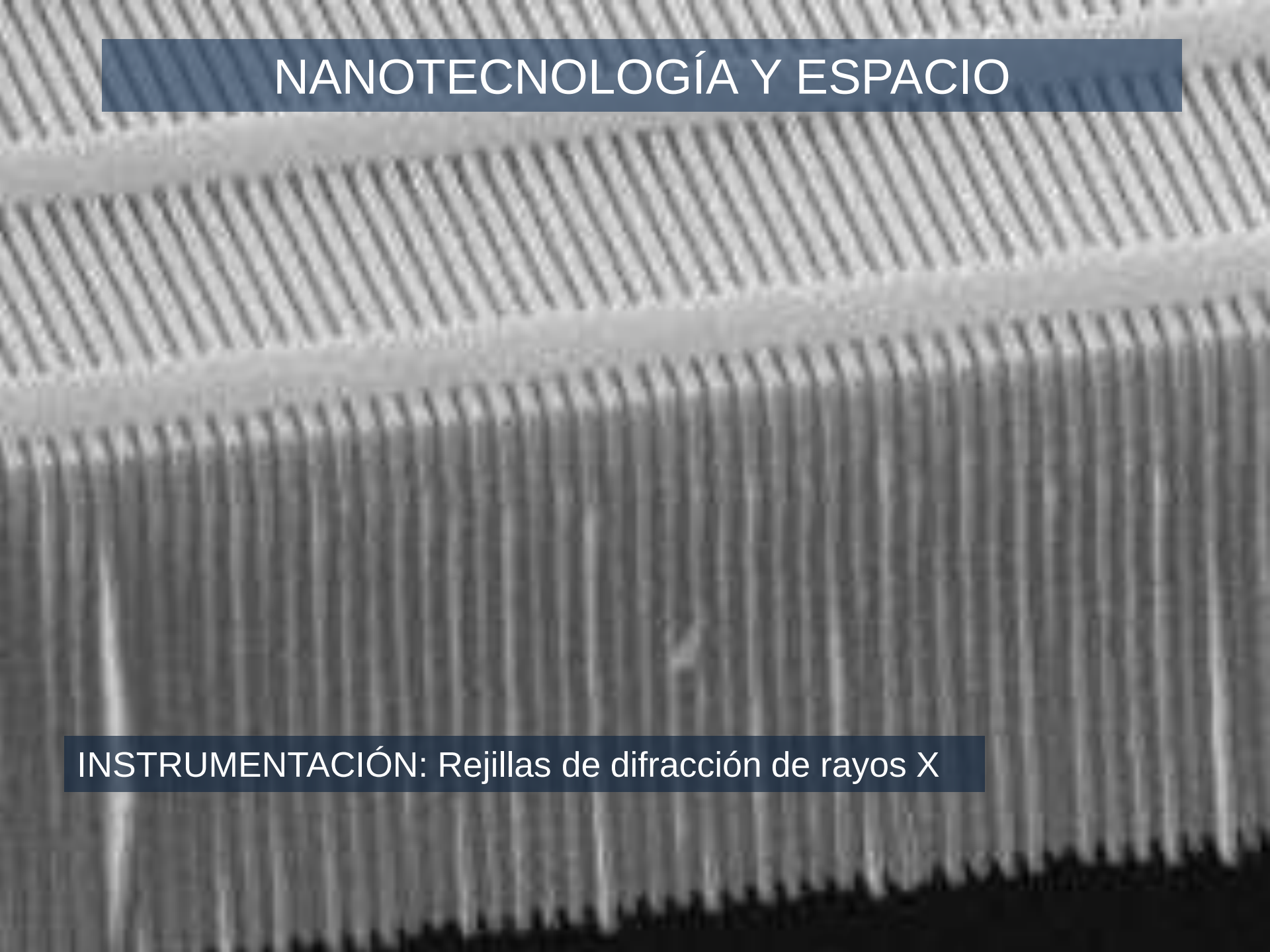
Constelaciones de satélites, plataformas estratosféricas aerostáticas, planeadores permanentes, drones, naves Gossamer, elevador espacial, velas solares, cadena o cuerda electrodinámica para propulsión Lorentz – EDT, deceleradores inflables, paracaídas,…


Expectativas / Valoración
¡PUES LA COSA MARCHA!
1995
2000
2005
2010
2015
2020
Tiempo

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

COSTAR – HUBBLE (1993): Óptica corregida usando recubrimientos de 2 nm de MgF_2 sobre Al

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO



INSTRUMENTACIÓN: Rejillas de difracción de rayos X

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

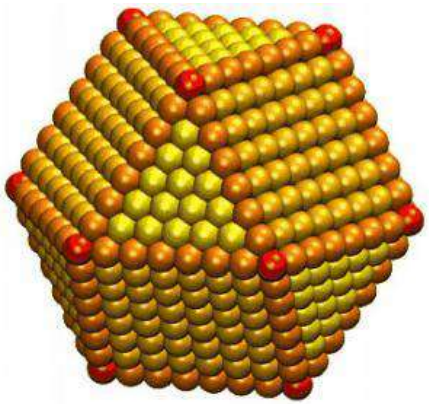
NMEMS para control de movimientos de lentes de telescopios

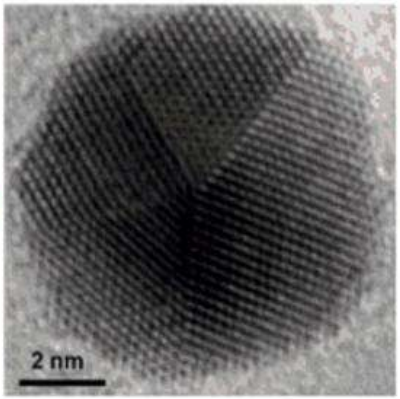
NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

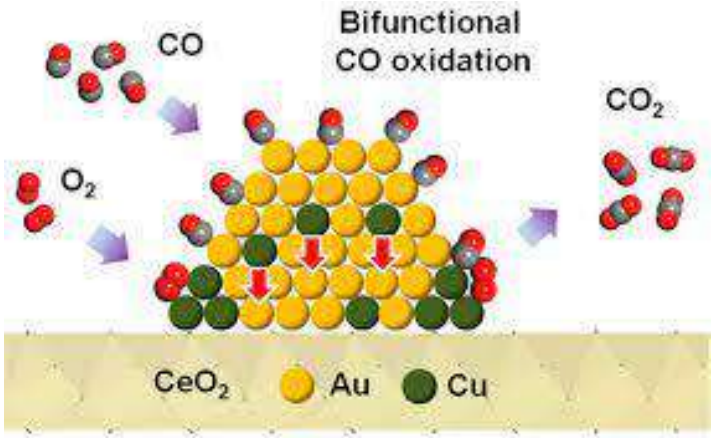
NASA 2011: La sonda JUNO se lanzó rumbo a Júpiter, llegando en 2016. Los instrumentos críticos fueron protegidos de la alta radiación EM por escudos que incluían placas de CNTs.

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

En 2012, en la ISS, se probaron **nanopartículas de oro** como catalizador a baja temperatura que mejora la velocidad de oxidación del CO a un ritmo 10 veces superior al que se produce en un incendio en un compartimento o en un módulo.







NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

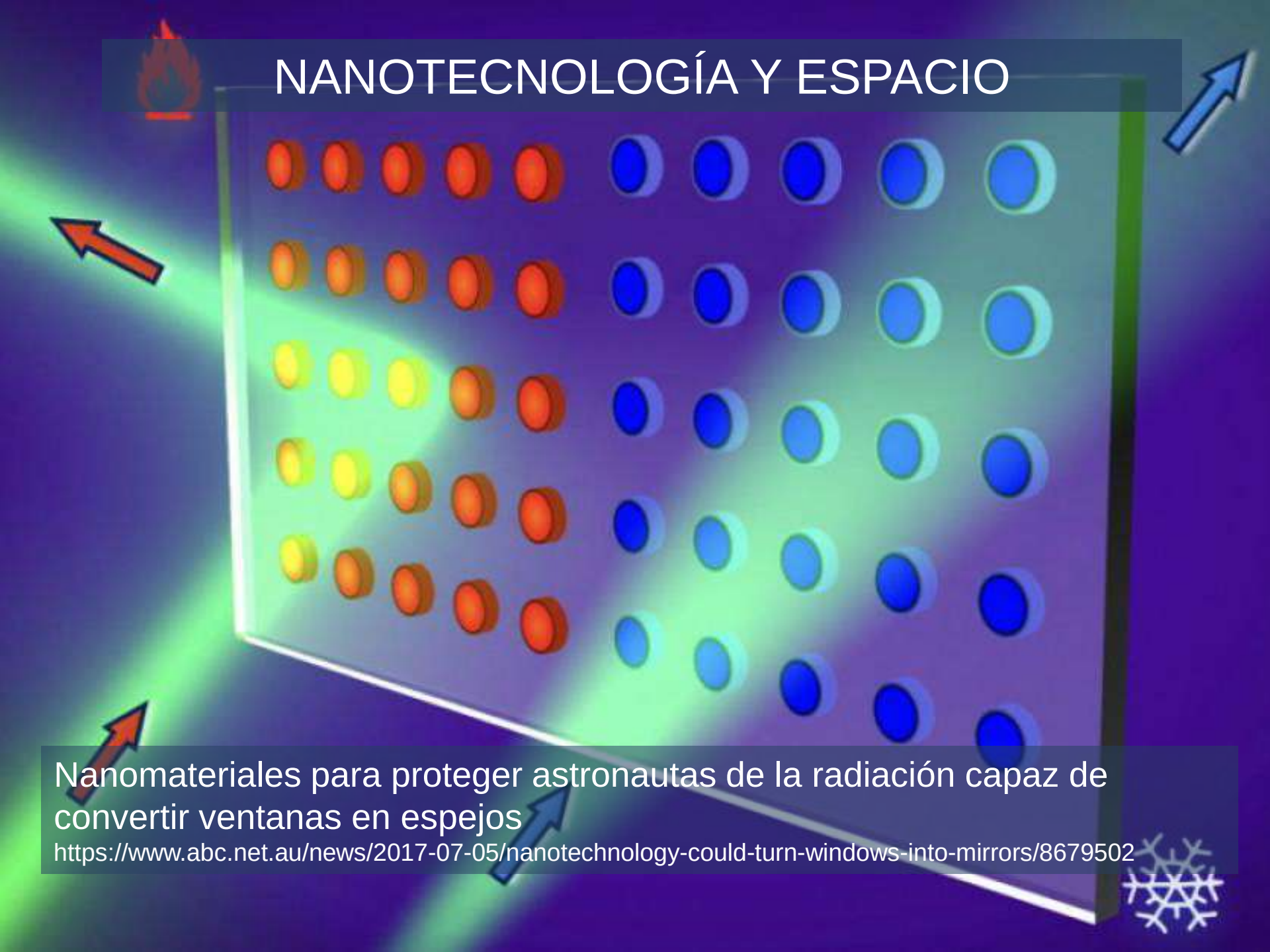
NASA (2016): Se utilizan nanotubos de carbono para fabricar los espejos del telescopio CubeSat Telescope

https://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=43921.php

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

NASA (2017): Se produce el primer uso estructural de nanotubos de carbono en un tanque de alta presión de composites reforzados con CNTs (Composite Overwrap Pressure Vessel - COPV). Este tanqué voló en la misión SubTec-

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

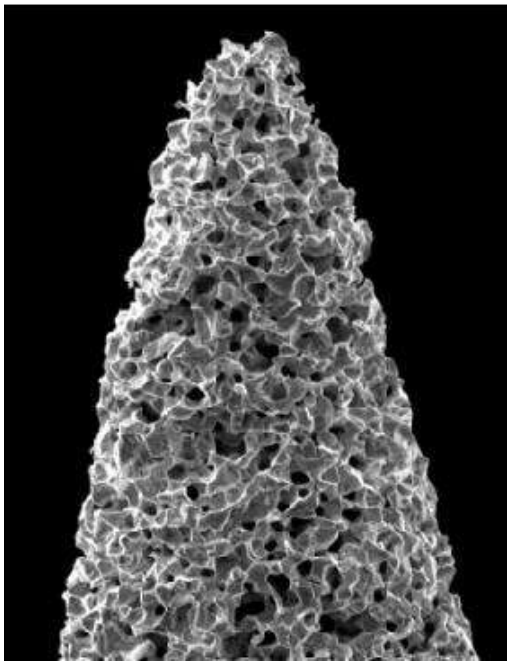


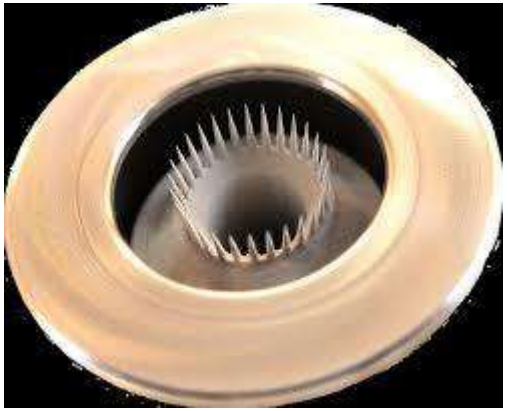
Nanomateriales para proteger astronautas de la radiación capaz de convertir ventanas en espejos

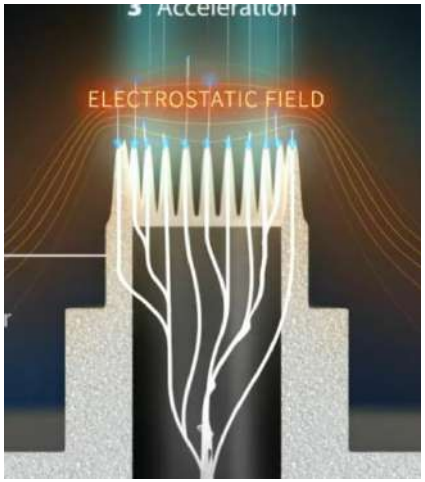
https://www.abc.net.au/news/2017-07-05/nanotechnology-could-turn-windows-into-mirrors/8679502

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

ENPULSION
SPACECRAFT TECHNOLOGY





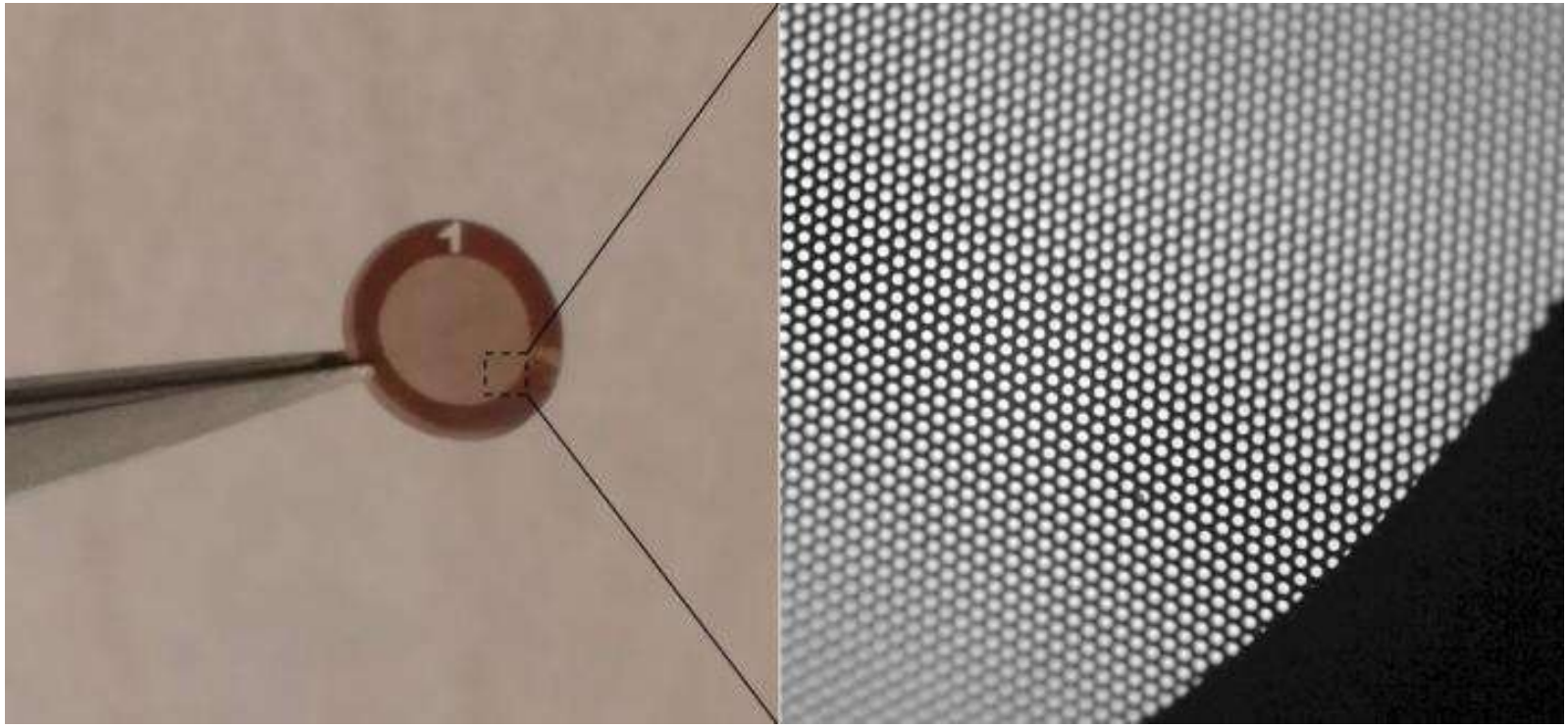


NANO IR³

ENPULSION (2018): prueba para la ESA los sistemas de propulsion iónica basados emisión de In desde puntas de W poroso de pocas decenas de nanómetros de radio de curvatura

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO

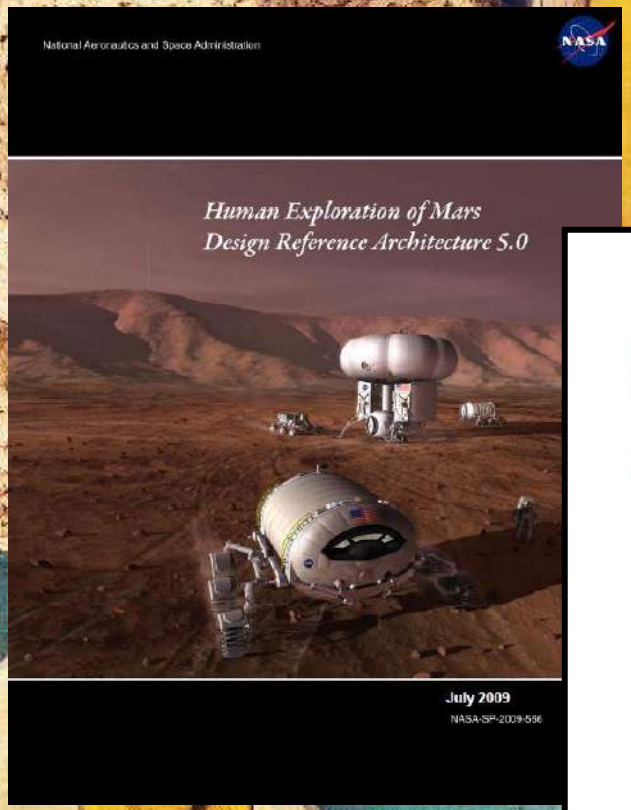
En 2020 se prueba en condiciones de microgravedad, y usando láseres como fuente de luz, la capacidad impulsora de prototipos de pequeñas velas solares fabricadas con grafeno soportado sobre rejillas de cobre.

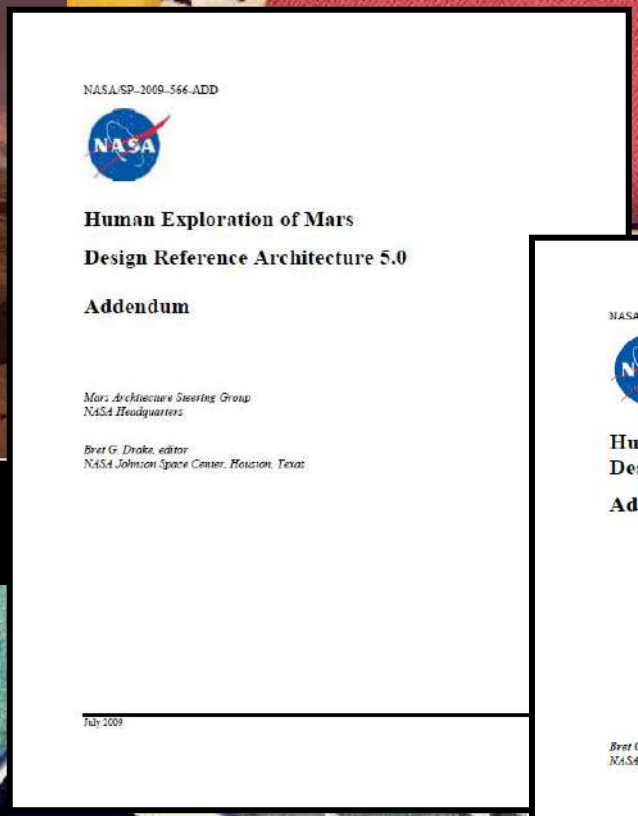


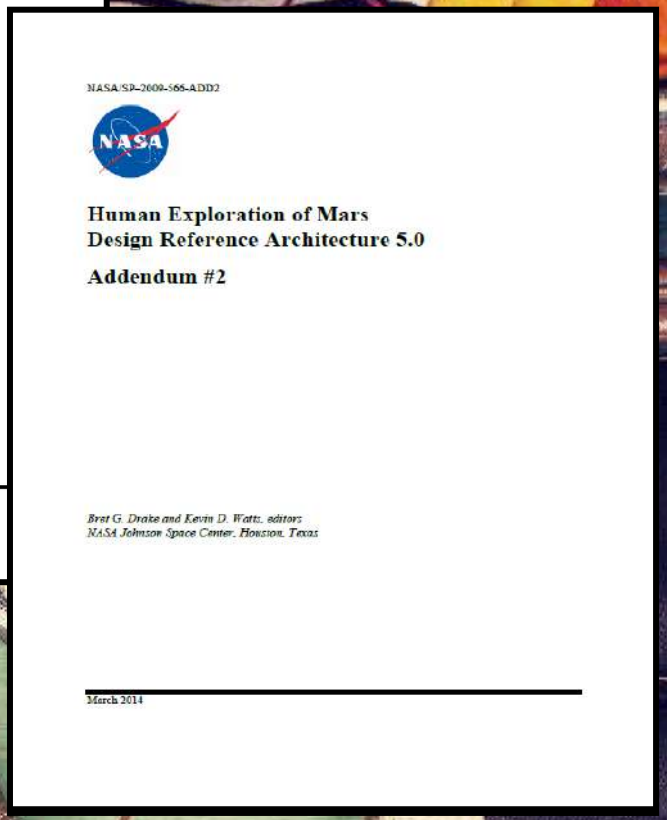
R. Gaudenzi, D. Stefani, S. J. Cartamil-Bueno, Light-induced propulsion of graphene-on-grid sails in microgravity, Acta Astronautica, In Press (2020). DOI: 10.1016/j.actaastro.2020.03.030,
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576520301582
https://www.eurekalert.org/news-releases/526166

Camino a
Marte

PREPARATIVOS PARA UN LARGO VIAJE







OBJETIVOS DE LA APLICACIÓN DE LA NANOTECONOLOGÍA PARA VIAJAR A MARTE (2009-…)

Salud humana, soporte vital y habitabilidad

- Biosensores, kits de diagnóstico, fármacos,…
- Protección contra radiación, impactos, cambios de temperatura
- Eliminación y reciclado de residuos, generación de oxígeno,…
- Alimentación
- Gestión integral del agua
- Conversión y almacenamiento de energía

Aprovechamiento de recursos in situ
In Situ Resource Utilization (ISRU)

Materiales, equipos, sensores y hardware para lograr in situ la evaluación, adquisición y procesado de recursos, la producción de consumibles, la generación y almacenamiento de energía, y la fabricación y construcción de estructuras.

CONVOCATORIAS SBIR/STTR DE LA NASA (2019, 2020, 2021) PARA EL USO DE NANOTECNOLOGIA EN LA SOSTENIBILIDAD Y MONITORIZACIÓN DE AGUA EN NAVES ESPACIALES

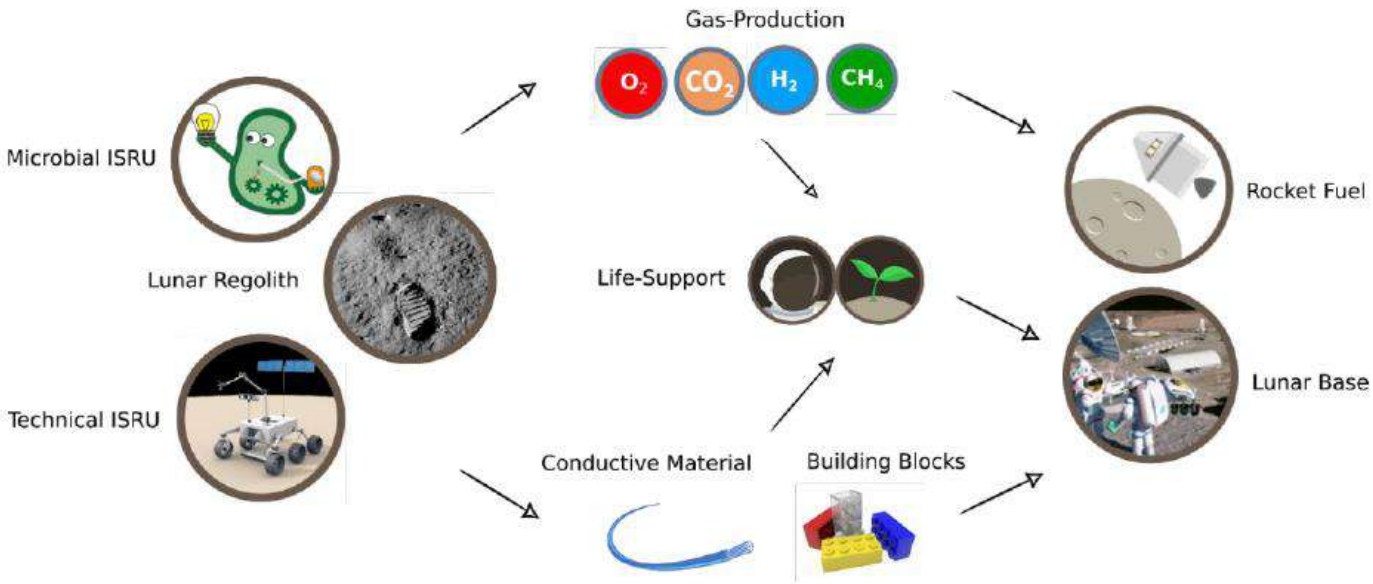
https://www.sbir.gov/

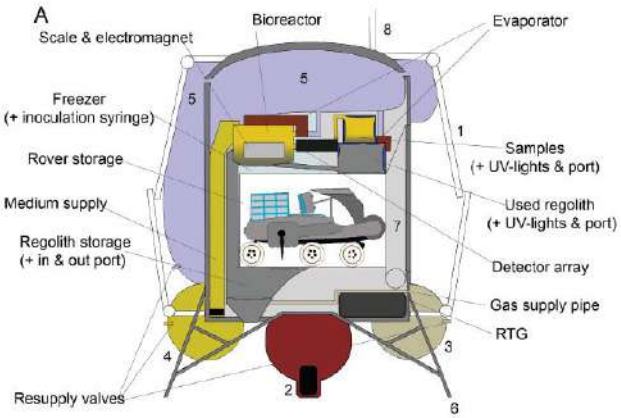
Eliminación de urea y otras sustancias del agua a baja temperatura sin consumibles no regenerables. Procesar **10 litros diarios de orina, recuperando más del 95% del agua**, con un sistema que opere a menos de 300 watios, y que genere agua con mens de 1.5 g/l de orgánicos y de 0.3 g/l de amoniaco. Los sistemas deben operar 6 meses de forma continuada y pasar 2 años en estado “durmiente” entre operación. Ampliar las investigaciones a la regeneración del agua para su uso en agricultura separando sal, nitrógenos, fósforo, y otros nutrientes.

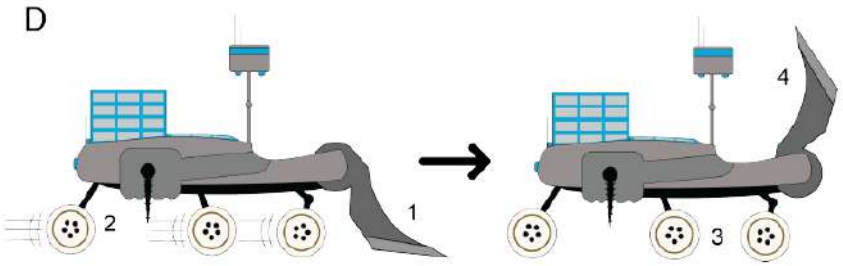
Desarrollo de **nanosensores** capaces de medir pH, concentración de Ag, conductividad. Requisito: tres años de servicio y una reducción del 50% en tamaño.

Mejorar la estabilización de agua de consumo, evitando la aparición de biofilms, mediante sistemas que usen **nanopartículas de Ag**, biocida, con concentraciones de 0.05-0.4 mg/l.

BIONANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO







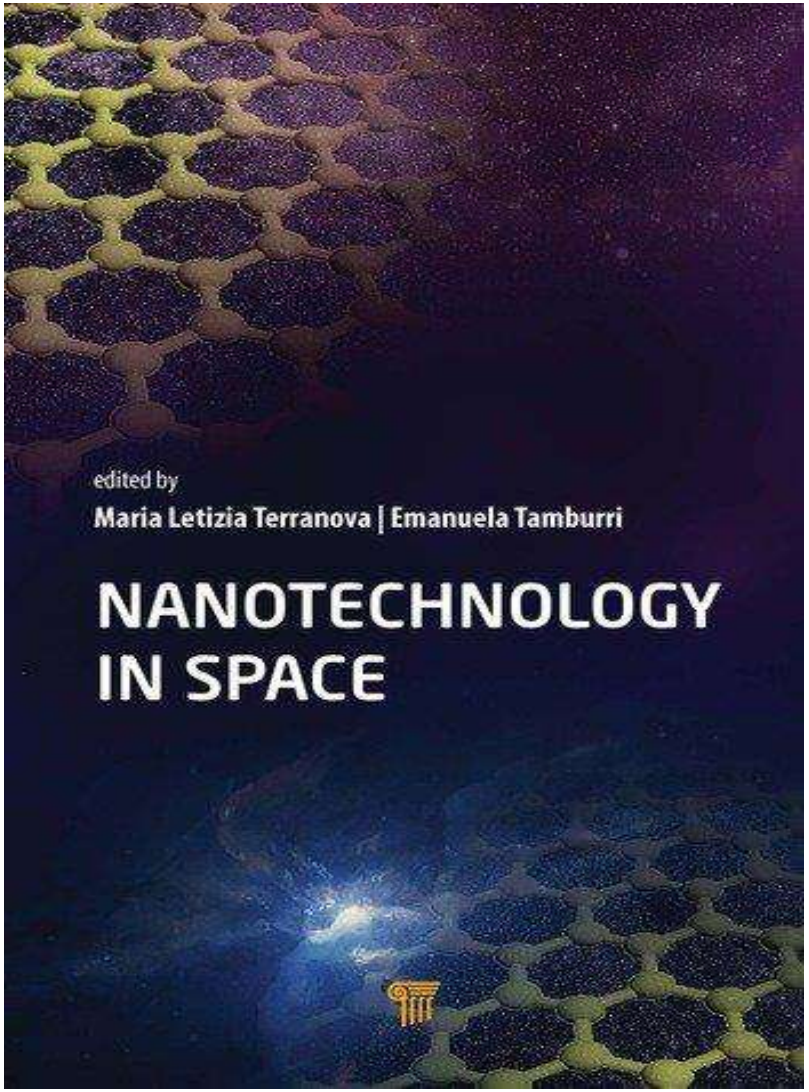
To new frontiers, Microbiology for nanotechnology and space exploration
Lehner, B., Universidad de Delft, Tesis Doctoral (2019)

- NASA (2014):
  Impresora 3D “Made in Space” (ISS)
- NASA (2016):
  3D-Refabricator
- NASA (2022):
  3D-Refabricator multimaterial

NANOTECNOLOGÍA Y ESPACIO: UN TEMA DE ACTUALIDAD

NANOTECHNOLOGY IN SPACE
Editado por Maria Letizia Terranova
y Emanuela Tamburri
CRC Press, September 15, 2021
ISBN 9789814877541

1. Nanotechnology for Space Power Devices
2. Nanocomposite and Micro-Nanostructured Materials with Applications of MEMS/Nano Devices for Aerospace
3. Advanced Polymer Composites for Use on the Earth and in Space
4. Printable Materials for Additive Manufacturing in Harsh Earth and Space Environment
5. Nano-based Coating for Spacecraft: Antibacterial Film for Manned Application
6. Nanotechnology in the Space Economy



SOSTENBILIDAD

https://petapixel.com/2014/11/10/earth-moon-captured-together-chinese-spacecraft-camera/

anggar3ind - www.freepik.es

NANOTECNOLOGÍA
1 FIN DE LA POBREZA
2 HAMBRE CERO
3 SALUD Y BIENESTAR
4 EDUCACIÓN DE CALIDAD
5 IGUALDAD DE GÉNERO
6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO
7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE
8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO
9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA
10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES
11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES
12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES
13 ACCIÓN POR EL CLIMA
14 VIDA SUBMARINA
15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES
16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS
17 ALIANZAS PARA LOS OBJETIVOS

¿QUÉ SABEMOS DE?

Nanotecnología para el desarrollo sostenible

Pedro A. Serena Domingo

¡Gracias!