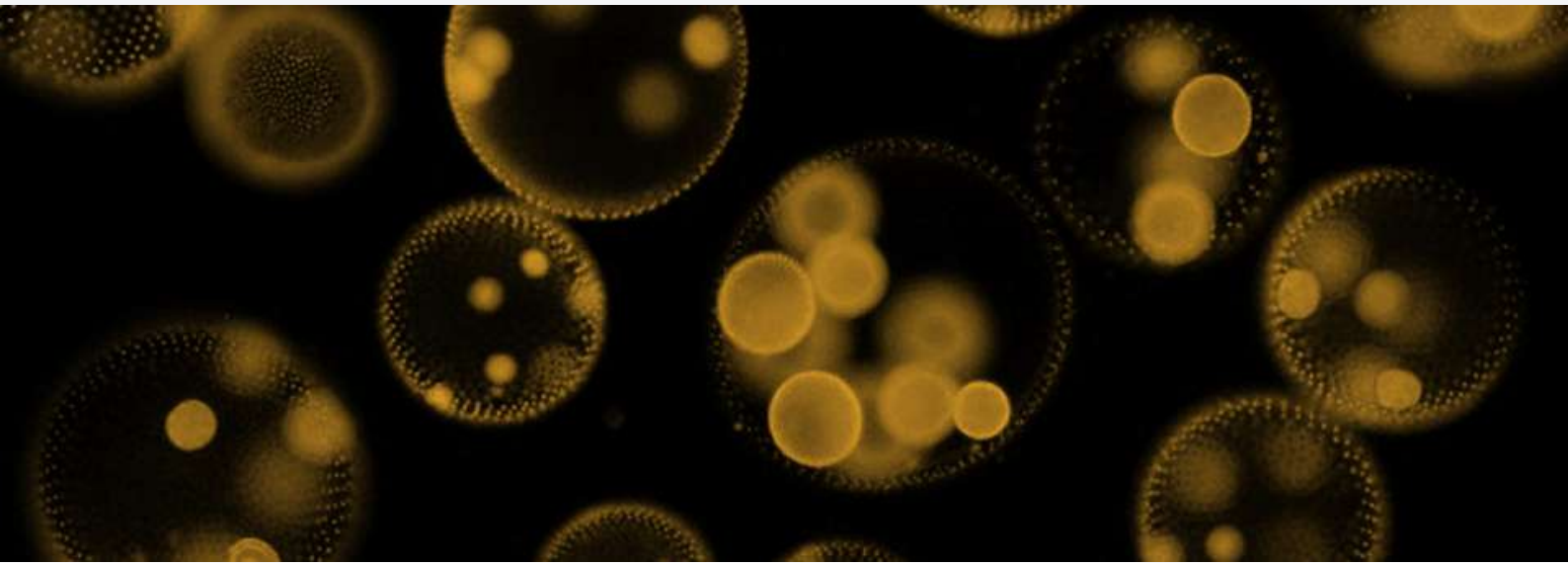


# DUES METODOLOGIES PER LA FABRICACIÓ DE NANOCÀPSULES





---

*“Les lleis de la física, fins on jo puc comprendre, no ens prohibeixen la possibilitat de manipular la naturalesa àtom per àtom... no és un intent de violar cap llei.”*

**Richard Feynman (Estats Units, 1918 - 1988)**



## RESUMEN

La nanotecnología siempre ha estado presente en nuestras vidas desde la antigüedad y con el tiempo su divulgación ha crecido, concretamente en los años 80, cuando hizo un gran salto en el ámbito. Cada vez, se estima más que la nanotecnología desarrollará un papel importante en los siguientes avances tecnológicos, sanitarios, científicos y económicos.

En este trabajo hemos estudiado el concepto de la nanotecnología, profundizando en su historia y los tipos de materiales con sus características que podemos encontrar dentro de ella. No obstante, nos hemos centrado en la nanotecnología en el ámbito sanitario, lo que se conoce como la nanomedicina, en ella hemos descrito su posible utilidad para progresar en enfermedades que aún no hay cura. Dentro de ella, se destacan las nanocápsulas, cuyo interior puede contener una molécula, pueden ser utilizadas para la liberación controlada de fármacos, una aplicación prometedora para la medicina.

A nivel práctico hemos realizado la simulación de dos tipos de nanocápsulas, valorando y estudiando sus características. En la primera, realizamos las nanocápsulas con alginato de sodio sumergidas en una disolución de cloruro de calcio, en cambio, en la segunda práctica las elaboramos con el compuesto agar sumergidas en aceite de girasol. En ambas prácticas, hemos aplicado diferentes concentraciones del reactivo y al obtener los resultados y analizarlos, podemos concluir la concentración que muestra más rendimiento y la comparación de las diferentes propiedades que presentan entre sí.

El trabajo tiene la función de que se comprenda la nanotecnología como una herramienta clave para el futuro de la sociedad, debido a las aptitudes que presenta en áreas de interés como la biología, electrónica o medicina. Cuando se finalice de leer el trabajo será capaz de responder esta pregunta: ¿Cree realmente que la nanotecnología puede ser la futura ciencia que permitirá un nuevo avance en la humanidad?



---

## ABSTRACT

Nanotechnology has always been present in our lives since ancient times and over time its dissemination has grown, specifically in the 80s, when it made a big leap in the field. It is increasingly estimated that nanotechnology will play an important role in technological, health, scientific and economic advances.

In this work we have studied the concept of nanotechnology, delving into its history and the types of materials with its characteristics that we can find within it. However, we have focused on nanotechnology in the healthcare field, which is known as nanomedicine, in which we have described its possible usefulness to progress in diseases that there is still no cure for. Within it, the nanocapsules stand out, whose interior can contain a molecule and that can be used for controlled drug release, a promising application for medicine.

On an experimental level, we have carried out the simulation of two types of nanocapsules, assessing and studying their characteristics. In the first, we make the nanocapsules with sodium alginate immersed in a solution of calcium chloride. In the second practice, we elaborate them with the agar compound immersed in sunflower oil. In both practices, we have applied different concentrations of the reagent and when obtaining the results and analyzing them, we can conclude the concentration that shows more performance and the comparison of the different properties they present with each other.

The work has the function of understanding nanotechnology as a key tool for the future of society due to the skills it presents in areas of interest such as biology, electronics or medicine. When you finish reading the work, you will be able to answer this question: Do you really believe that nanotechnology can be the future science that will allow a new advance in humanity?

---



# ÍNDEX

<b>INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>12</b>
<b>1. LA NANOTECNOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
1.1. Antecedents.....	14
1.2. Nanomaterials.....	15
1.3. Nanopartícules.....	15
1.4. Nanofibres.....	16
1.4.1. Nanotubs.....	16
1.4.2. Nanofils.....	17
1.4.3. Nanovaretes.....	17
1.5. Nanoplaques.....	17
1.6. Situació actual.....	18
1.7. Possibles impactes negatius.....	19
<b>2. LES NANOCÀPSULES.....</b>	<b>21</b>
2.1. Alliberació controlada de fàrmacs.....	21
2.1.1. Mecanisme de difusió i erosió.....	22
2.2. Liposoma.....	22
2.3. Micel·les.....	23
2.4. Dendrímers.....	23
2.5. Nanotubs de carboni.....	23
2.6. Nanopartícules metàl·liques.....	24
<b>3. LA NANOTECNOLOGIA APLICADA A LA MEDICINA.....</b>	<b>25</b>
3.1. Nanodiagnòstic.....	25
3.1.1. Nanosistemes d'imatge.....	25
3.1.2. Nanobiosensors.....	26
3.1.3. Sistemes "lab-on-a-chip".....	27
3.2. Teràpia basada en nanopartícules.....	27
3.3. Nanomedicina regenerativa.....	28
3.4. Malalties.....	28
3.4.1. Càncer.....	28
3.4.2. Trastorns cerebrals.....	28
3.4.3. Tuberculosi.....	29
<b>4. PART EXPERIMENTAL.....</b>	<b>30</b>
4.1. Pràctica 1: Simulació de nanocàpsules formades per alginat de sodi i clorur de calci.....	30
4.1.1. Objectiu.....	30
4.1.2. Introducció.....	30



---

4.1.3. Materials.....	30
4.1.4. Procediment.....	30
4.1.5. Resultats.....	31
4.2. Pràctica 2: Simulació de nanocàpsules formades per agar.....	32
4.2.1. Objectiu.....	32
4.2.2. Introducció.....	32
4.2.3. Materials.....	32
4.2.4. Procediment.....	32
4.2.5. Resultats.....	33
4.3. Conclusions de la part pràctica.....	33
<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA.....</b>	<b>36</b>
<b>ANNEXOS.....</b>	<b>40</b>



## ÍNDIX D'IL·LUSTRACIONS

<b>Figura 1:</b> Funcionament del microscopi d'efecte túnel (STM).....	15
FONT: <a href="https://cdn.educ.ar">https://cdn.educ.ar</a> modificada amb Paint 3D	
<b>Figura 2:</b> Estructura del ful·lerè.....	15
FONT: <a href="https://www.quimitube.com">https://www.quimitube.com</a>	
<b>Figura 3:</b> Funcionament de l' <i>electrospinning</i> .....	16
FONT: <a href="http://www.researchgate.net/">www.researchgate.net/</a>	
<b>Figura 4:</b> Distribució per països de les publicacions i actes de congressos sobre nanotecnologia durant el període 2003-2004.....	18
FONT: <a href="http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001594.pdf">http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001594.pdf</a>	
<b>Figura 5:</b> Publicacions sobre la nanotecnologia a Espanya.....	19
FONT: <a href="https://statnano.com/report/s38">https://statnano.com/report/s38</a>	
<b>Figura 6:</b> Nanopartícules d'albumina amb placlitaxel.....	22
FONT: <a href="http://www.ecured.cu">www.ecured.cu</a>	
<b>Figura 7:</b> Doxorubicina encapsulada en liposomes.....	22
FONT: <a href="http://www.meiji.es">www.meiji.es</a>	
<b>Figura 8:</b> Funcionament d'un biosensor.....	26
FONT: <a href="http://avibert.blogspot.com">http://avibert.blogspot.com</a> modificada amb Paint 3D	
<b>Figura 9:</b> Composició del sistema <i>lab-on-a-chip</i> .....	27
FONT: <a href="https://www.profesionalreview.com/2022/11/06/lab-on-a-chip/">https://www.profesionalreview.com/2022/11/06/lab-on-a-chip/</a>	
<b>Figura 10:</b> Nanocàpsules d'alginat de sodi i clorur de calci.....	31
FONT: pròpia	
<b>Figura 11:</b> Nanocàpsules d'agar.....	33
FONT: pròpia	
<b>Figura 12:</b> Copa de Licurg.....	40
FONT: <a href="http://www.bbc.com">http://www.bbc.com</a>	
<b>Figura 13:</b> Richard P. Feynman.....	40
FONT: <a href="http://www.investigacionyciencia.es">www.investigacionyciencia.es</a>	
<b>Figura 14:</b> Nanotub de carboni.....	40



---

FONT: <a href="http://meetthings.com">meetthings.com</a>	
<b>Figura 15:</b> Nanofils de silici.....	40
FONT: <a href="https://forococheselectricos.com">https://forococheselectricos.com</a>	
<b>Figura 16:</b> Nanovaretes de ZnO.....	40
FONT: <a href="https://1library.co">https://1library.co</a>	
<b>Figura 17:</b> Nanoplaca de grafit.....	40
FONT: <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno">https://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno</a>	
<b>Figura 18:</b> Alliberament de fàrmacs segons si són hidròfils (taronja) o lipòfils (verd) a partir d'un liposoma.....	41
FONT: <a href="https://www.oleumdietetica.es">https://www.oleumdietetica.es</a> modificat amb Paint 3D	
<b>Figura 19:</b> Diferents tipus de nanocàpsules i el seu funcionament.....	41
FONT: <a href="http://repositorio.udec.cl">http://repositorio.udec.cl</a> modificat amb Paint 3D	
<b>Figura 20:</b> Gràfic del color fluorescent segons la mida del punt quàntic.....	42
FONT: <a href="https://news.samsung.com">https://news.samsung.com</a>	
<b>Figura 21:</b> Inserció dels punts quàntics i la seva acumulació en cèl·lules o òrgans afectats.....	42
FONT: <a href="https://digital.csic.es">https://digital.csic.es</a>	
<b>Figura 22:</b> Elaboració de la primera pràctica (pas 1.2.).....	42
FONT: pròpia	
<b>Figura 23:</b> Elaboració de la primera pràctica (pas 1.2.).....	42
FONT: pròpia	
<b>Figura 24:</b> Elaboració de la primera pràctica (pas 1.2.).....	43
FONT: pròpia	
<b>Figura 25:</b> Elaboració de la pràctica 1 (pas 4).....	43
FONT: pròpia	
<b>Figura 26:</b> Resultat de les nanocàpsules, de la pràctica 1, a deixar-ho reposar 24 h. A l'esquerra, de 0,5 gram i a la dreta d'1 gram.....	43
FONT: pròpia	
<b>Figura 27:</b> Mesurament de l'agar (pas 4 de la pràctica 2).....	44
FONT: pròpia	





---

<b>Figura 28:</b> Oli de gira-sol congelat, material de la pràctica 2.....	44
FONT: pròpia	
<b>Figura 29:</b> Mescla d'agar i aigua (pas 6 de la pràctica 2).....	44
FONT: pròpia	
<b>Figura 30:</b> Elaboració de la pràctica 2 (pas 5).....	44
FONT: pròpia	
<b>Figura 31:</b> Resultat de les nanocàpsules, de la pràctica 2, a deixar-ho reposar 24 h. A l'esquerra, de 0,5 gram i a la dreta d'1 gram.....	45
FONT: pròpia	



## **INTRODUCCIÓ**

Avui en dia, posseïm d'una gran varietat de ciències i gràcies a aquestes podem avançar i millorar en tots els àmbits. No obstant això, encara n'hi ha moltes per descobrir i per experimentar.

Per aquesta raó, abans de l'inici del Treball de Recerca i d'elecció del tema a realitzar, tenia clar que volia que el meu treball es tractés sobre una ciència característica. Després d'una gran recerca, vaig descobrir la nanotecnologia, em va semblar una ciència que presenta nombroses aportacions per optimitzar el món. Inicialment, la principal idea del treball era centrar la nanotecnologia en una sola malaltia, el càncer, investigant sobre diferents mètodes possibles per a la seva cura dels diferents tipus de càncers. De tota manera, en cercar sobre la nanotecnologia, em vaig adonar que podria ser més interessant centrar-ho d'una manera més general perquè es pogués donar un major coneixement en aquesta ciència, ja que no és molt coneguda, encara que, si s'investiga es podria arribar a noves tècniques per a la medicina moderna.

Com a hipòtesi d'aquest treball, es planteja que es pugui innovar amb les nanocàpsules, així substituir els tractaments actuals de les malalties per uns aplicats a la nanotecnologia. A més, arribar a poder aconseguir la nanomedicina regenerativa, ja que té una dificultat: la cerca dels materials adequats que permeten la fabricació d'estructures que mantinguin actiu a l'òrgan afectat mentre es regenera la zona afectada.

Els objectius d'aquest treball són comprovar l'eficàcia de diferents models per la fabricació de nanocàpsules i estudiar l'aportació de la nanotecnologia a la branca de la medicina, d'aquesta manera donar a conèixer més la nanotecnologia.

Per tal d'implementar els propòsits, en primer lloc, realitzo una recerca bibliogràfica i navegant per internet. A partir de la informació recollida, en el primer bloc s'ha investigat l'aspecte de la nanotecnologia, l'estudi de material, dispositius i sistemes que sorprenen per les seves característiques propietats que mostren una gran utilització als nivells físics, químics i biològics; amb els seus components i el seu pas al llarg dels anys fins a l'actualitat. Dins del concepte de la nanotecnologia, trobem el segon bloc tracta sobre les nanocàpsules, unes estructures que asseguren la creació de mètodes fermes per al camp de la medicina, en què es poden presentar importants avenços mèdics per les malalties, que ara com ara, segueixen sense cura, com poden ser els diferents tipus de càncers, els trastorns cerebrals i la tuberculosi.



---

A la part pràctica es va realitzar una cerca profunda de la manera de fabricar una simulació de nanocàpsules per la comprovació de l'eficàcia de diferents models per la fabricació de nanocàpsules. Primer de tot, ho portarem a cap amb alginat de sodi i clorur de calci, i, en segon lloc, amb agar. En aquesta part pràctica, considerarem si el canvi de concentració dels materials, alteren les qualitats de les nanocàpsules, i ho relacionarem amb l'alliberament controlat de fàrmacs, una tècnica que per a la nanomedicina és un gran objectiu per al futur de la medicina.

Podria afirmar-se que el meu treball és un estudi de la comprovació de models per la fabricació de nanocàpsules per l'alliberament controlat d'un fàrmac, una possible eina per reemplaçar els tractaments actuals.



## 1. LA NANOTECNOLOGIA

La nanotecnologia és la fabricació, estudi, ús, disseny i manipulació dels elements d'escala nanomètrica, concretament entre 1 nm - 100 nm. "Nano" és un prefix del Sistema Internacional d'Unitats que significa diminut i correspon a  $10^{-9}$  m.

La importància de la nanotecnologia és el canvi radical de les seves propietats de la matèria quan es treballa en aquesta mida. Això és degut al fet que les nanopartícules tenen una relació superfície / volum molt gran en comparació amb els materials, com les pólvores. Aquesta característica permet que les nanopartícules puguin tindre propietats òptiques, físiques i químiques inesperades com pot ser la resistència, el color, la conductivitat elèctrica o l'elasticitat, ja que són prou petites per retenir els seus electrons i produir efectes quàntics.

### 1.1. Antecedents

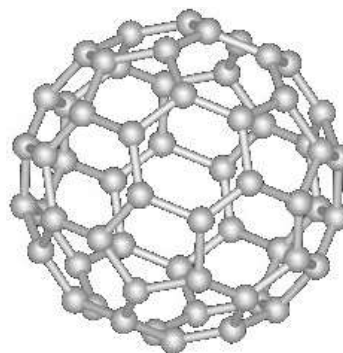
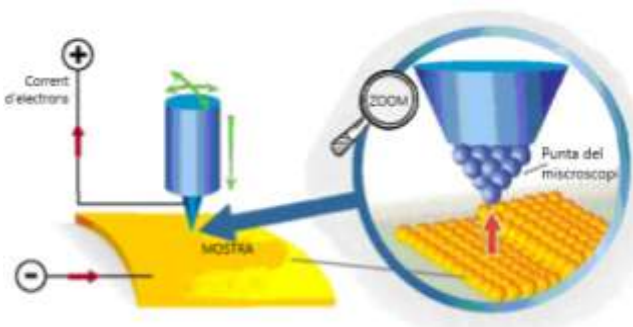
La nanotecnologia no és tan nova com ens pensem, s'han trobat nanotubs de carboni a la ceràmica de Keladi, Índia al 600 - 300 aC, sense saber com es van formar. A més a més, al segle IV els romans van crear la Copa de Licurg (Figura 12), aquesta canviava de verd a roig segons la lluminositat i no va ser fins a l'any 1990 que uns científics britànics van descobrir, examinant el seu vidre, el perquè. Resulta que al vidre havien impregnat partícules d'or i plata reduïdes a 50 nm de diàmetre, 1.000 vegades més petit que un gra de sal. Per tant, els científics van descobrir que si afegeixes metalls preciosos al vidre fos el poden tenyir de roig i produir uns efectes de canvis de color inusuals. La Copa de Licurg és l'únic tresor romà que conté aquest tipus de tecnologia, el qual revela que els artesans de l'època dominaven els aliatges químics.

En tot cas, la primera menció de la nanotecnologia es va originar l'any 1959 pel físic nord-americà Richard P. Feynman (Figura 13), el qual al seu discurs en un congrés a la Universitat de Caltech (Califòrnia) va presentar *There's Plenty of Room at the Bottom* ("Hi ha molt espai al fons"), en el que explica un procés que aconseguiria manipular àtoms i molècules amb instruments de gran precisió. D'aquesta manera es podrien dissenyar i construir elements a nano escala, a més a més, Feynman adverteix del canvi de les propietats dels elements a escala nanomètrica. No obstant això, el primer a utilitzar el concepte *nanotecnologia*, va ser el científic japonès Norio Taniguchi en 1974.

Dos fets van ser els que li van donar importància a la nanotecnologia, el primer és la innovació del microscopi d'efecte túnel (STM) del 1981 gràcies a Heinrich



Rohrer i Gerd Binning, pel qual van rebre un Premi Nobel de Física l'any 1986. Aquest microscopi (Figura 1) va permetre la manipulació dels àtoms de forma voluntària, això provocar que es pogués diferenciar les estructures dintre d'un compost. El segon és el descobriment dels ful·lerens (Figura 2) en 1985 per Harry Kroto, Richard Smalley i Robert Curl, els quals van rebre el Premi Nobel de Química de l'any 1996. El ful·lerè està fet de molècules d'àtoms de carboni C60 formant una xarxa esfèrica de pentàgons i hexàgons. Anys després, en 1990, es van descobrir els nanotubs de carboni que es van convertir en un dels principals components de la nanotecnologia.



**Figura 1:** Funcionament del microscopi d'efecte túnel (STM).

**Figura 2:** Estructura del ful·lerè.

## 1.2. Nanomaterials

Els nanomaterials són els materials essencials per la nanotecnologia que contenen partícules amb una o més dimensions a la nanoescala.

Els nanomaterials es presenten de forma natural, com per exemple les cendres generades per un volcà, encara que existeixen els nanomaterials manufacturats dissenyats intencionadament amb unes propietats específiques molt diferents de les que presenta el material a la mida no nanomètrica.

Els nanomaterials es poden presentar en forma de nanoobjectes, caracteritzats per tindre una, dues o tres dimensions que es troben en la nanoescala. Aquests nanoobjectes es classifiquen entre nanopartícules, nanofibres i nanoplaques.

## 1.3. Nanopartícules

Les nanopartícules, com el seu nom indica, són partícules esfèriques microscòpiques de tres dimensions també d'escala nanomètrica.

Segons els investigadors, les nanopartícules són uns elements imprescindibles pel futur de la medicina moderna. El que més remarca és l'alliberament de



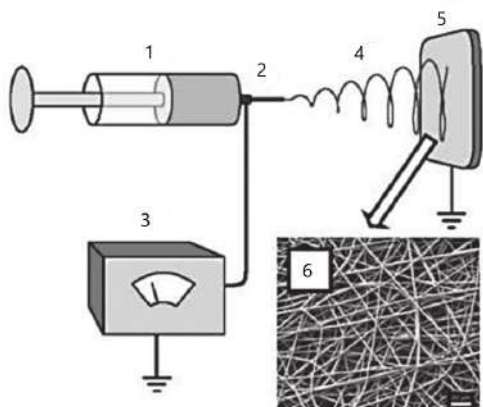
fàrmacs, per aquesta raó moltes nanopartícules també són considerades nanocàpsules.

## 1.4. Nanofibres

Les nanofibres són nanoobjectes amb un diàmetre inferior a 500 nm i amb unes propietats molt particulars. Aquestes tenen la capacitat de formar materials que mostren un gran potencial per millorar les tecnologies actuals i descobrir aplicacions.

El seu origen comença l'any 1902 amb J.F. Cooley i W.J. Morton quan van desenvolupar els primers dispositius per polvoritzar líquids utilitzant càrregues elèctriques i va ser el 1934 quan Anton Formhals va descriure l'electrofilat de polímers. Malgrat això, no va ser fins a finals del segle XX quan van observar el potencial de la producció de nanofibres.

El mètode de l'electrofil (*electrospinning*) (Figura 3) serveix per obtenir les nanofibres mitjançant un polímer en dissolució que s'electrifica i les càrregues s'acumulen a la superfície, que fan que el polímer s'allargui i aconsegueixi més resistència, formant-se la nanofibra.



**Figura 3:** Funcionament de l'*electrospinning*:  
1. Dissolució polimèrica. 2. Agulla metàl·lica.  
3. Generador elèctric. 4. Corrent elèctric. 5. Col·lector. 6. Material assolit.

Les nanofibres es poden classificar entre grups: els nanotubs, els nanofilis i les nanovaretes.

### 1.4.1. Nanotubs

Els nanotubs són estructures cilíndriques per una nanoplaca amb propietats inusuals, que són útils per la nanotecnologia. Entre les seves propietats destaquen la seva capacitat de tindre un ampli marge de comportament gràcies a les seves relacions geomètriques, a més a més, el nanotub és considerat la fibra més resistent que fabrica per la seva estabilitat dels enllaços entre els àtoms.



Existeixen molts tipus de nanotubs, però el que més destaca per les seves propietats és el nanotub de carboni (Figura 14), format per nanoplaques de grafit, descobert en 1991 per Sumio Iijima. Té propietats mecàniques, elèctriques, òptiques, químiques i tèrmiques sorprenents per millorar productes ja existents o inclòs per crear-ne uns de nous: són 200 vegades més forts que l'acer, els millors conductors tèrmics coneguts i poden transportar corrents elèctrics 100 vegades més grans que el coure. Per aquesta mateixa raó, es consideren uns candidats excel·lents per una gran quantitat d'aplicacions tecnològiques en diferents àrees.

#### **1.4.2. Nanofils**

Els nanofils són cilindres que destaquen per tindre una relació de longitud / diàmetre immensa. Pel que fa a les propietats, són molt semblants als nanotubs, ja que tots dos pertanyen al grup de les nanofibres. Una de les seves principals aplicacions és en realitzar xips electrònics moleculars, per la seva bona estabilitat mecànica i l'elevació de la mobilitat d'electrons.

#### **1.4.3. Nanovaretes**

Les nanovaretes són unes nanofibres sòlides en forma allargada. Les nanovaretes s'utilitzen en les tecnologies de visualització perquè la reflectivitat de les varetes es poden canviar mitjançant l'intercanvi de la seva orientació amb un camp elèctric. De tota manera, les nanovaretes, juntament amb els metalls nobles, funcionen com a agents de diagnòstic. Les nanovaretes s'absorbeixen en les radiacions infraroges i genera calor quan s'exciten amb la llum IR. Amb aquesta característica es podria fer el seu ús com una teràpia. Quan el pacient està exposat a la llum IR, les nanovaretes captats per les cèl·lules tumorals s'escalfen, provocant la destrucció de tan sols el teixit cancerós, sense afectar a les cèl·lules sanes.

### **1.5. Nanoplaques**

Les nanoplaques són làmines constituïdes per una xarxa hexagonal d'àtoms. En general, tenen les mateixes propietats que els anteriors conceptes, tenen una elevada duresa, elasticitat, flexibilitat, densitat i una alta conductivitat tèrmica i elèctrica. El tipus de nanoplaca que més destaca és la nanoplaca de grafit que té una resistència a les radiacions ionitzades.



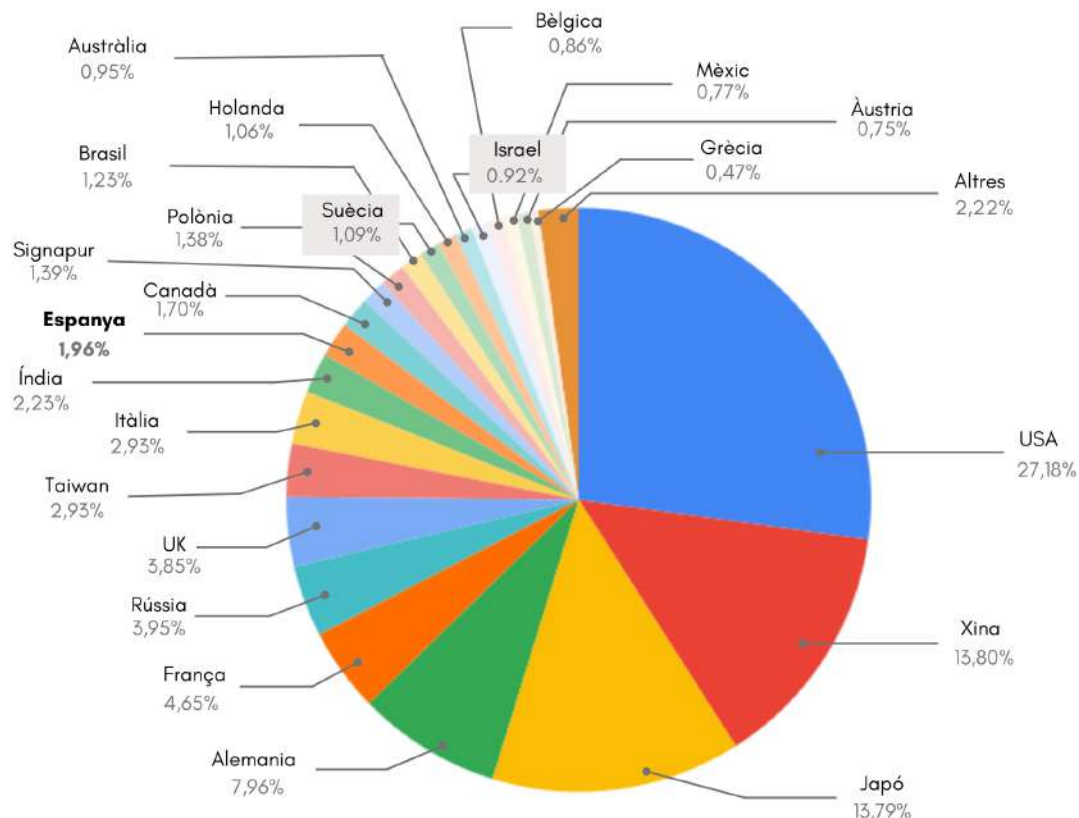
## 1.6. Situació actual

Els coneixements actuals sobre la nanociència provenen dels avenços de la química, física, ciències de la vida, medicina i enginyeria. Hi ha diferents àrees en les quals la nanotecnologia està en procés de desenvolupament o en fase d'aplicació pràctica.

El camp més avançat i el que té major impacte és el disseny de nous materials amb propietats millorades o noves, com ara la fabricació de raquetes de tennis més flexibles i resistents o una bicicleta més forta i rígida però menys pesant. No obstant això, també s'utilitza en biologia, medicina, productes de consum, enginyeria electrònica i instruments òptics.

Al següent gràfic, indica els percentatges de cada país de les publicacions i actes de congressos sobre la nanotecnologia.

**Distribució per països de les publicacions i actes de congressos sobre nanotecnologia trobades a inspec durant el període 2003-2004**



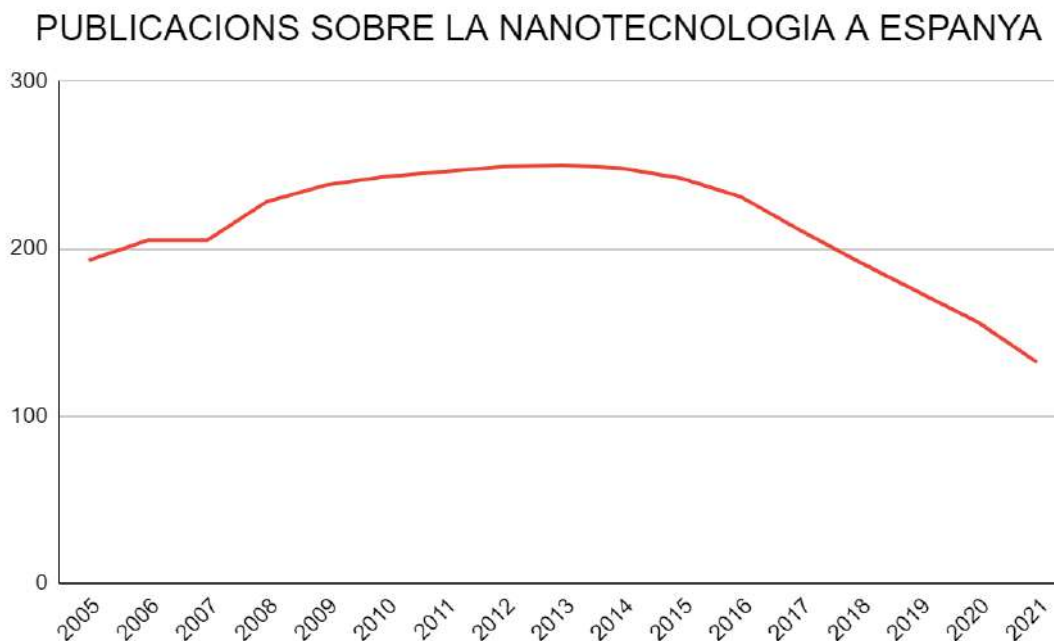
**Figura 4:** Distribució per països de les publicacions i actes de congressos sobre nanotecnologia durant el període 2003-2004.





A les primeres posicions, es troben els països amb més potencial en la ciència, com Estats Units, Japó i Alemanya, països on la nanotecnologia va tindre un gran interès per convertir-se en una bona potència científica mundial. Podem observar que la producció científica en nanotecnologia de la Unió Europea (29%) no és molt superior a la d'Estats Units (27,18%).

El gràfic següent mostra el nombre de publicacions sobre la nanotecnologia a Espanya durant els últims setze anys.



**Figura 5:** Publicacions sobre la nanotecnologia a Espanya.

Com podem veure al gràfic, a partir de l'any 2008, va incrementar el nombre de publicacions en relació amb la nanotecnologia, com ara articles, revistes, informes, investigacions... Van augmentar fins a arribar al 2013, quan es va arribar al màxim de publicacions, 250, però des d'aquest moment, la xifra es va reduir. L'última dada que es té és del 2021, que consta de 132 publicacions i, per tant, el nombre més petit, un 47,2% menys que la xifra més elevada durant els últims setze anys.

### **1.7. Possibles impactes negatius**

La nanotecnologia ens aporta molts beneficis, però científics asseguren que a les seves aplicacions mèdiques, poden sorgir efectes al llarg del temps i a més, es qüestionen si les nanoestructures són biodegradables.

S'ha comprovat que les nanopartícules poden tindre la mateixa mida que els components cel·lulars i algunes proteïnes, en aquest fet es pot dir que les



---

nanopartícules poden envair les defenses de l'organisme i danyar les seves cèl·lules. Alguns exemples són: els nanotubs de carboni produeixen respostes molt tòxiques als pulmons de les rates i els ful·lerens causen danys al cervell dels peixos i modifiquen les funcions dels gens.

Hem estat exposats a les nanopartícules, ja que estan a la contaminació, sense que ens afecti a la nostra salut. Però, es presenta la hipòtesi que les nanopartícules podrien ser les responsables de la relació entre la contaminació i les malalties pulmonars i cardíques.



## 2. LES NANOCÀPSULES

Les nanocàpsules són estructures que al seu interior contenen una molècula, per això generalment envoltades per biomolècules per evitar la degradació enzimàtica. Són remarcables principalment per la seva mida i la facilitat que poden tenir per transportar-se per l'organisme sense que els macròfags actuïn, fins i tot es pot modificar la seva composició fàcilment.

Durant el transport dels fàrmacs o medicaments el principal obstacle es la garantització de que arribi al lloc correcte del cos i així ser efectiu. Si es el cas que es pren per via oral, el primer problema per arribar al seu destí és el sistema digestiu humà, que actua per descompondre i degradar les molècules ingerides. Si no es poden descompondre, els aliments no són digerits i utilitzats per obtenir energia. Si un medicament és destruït al sistema digestiu, no podrà arribar al seu destí i no ajudarà al pacient. Encara que el medicament estigui a l'intestí sense estar destruït, necessita creuar les membranes cel·lulars que recobreixen l'intestí, si no pot, acabarà sent eliminat.

Una solució per aquest obstacle és una coberta que rodegi al fàrmac amb els objectius de protegir-lo dels enzims del sistema digestiu que descomposen els aliments digerits i per facilitar el pas del fàrmac cap a les cèl·lules que recobreixen l'intestí. Aquesta coberta s'anomena nanocàpsula i n'hi han de molts tipus. (Figura 19)

### 2.1. Alliberació controlada de fàrmacs

La nanomedicina té marcat com a objectiu proposar una solució per al desenvolupament de nous sistemes d'alliberació controlada de fàrmacs. S'utilitzen nanoestructures que transporten el fàrmac fins a la zona afectada, per això, és necessària l'encapsulació dels fàrmacs perquè no actuïn fins al lloc afectat, per mantenir les seves propietats intactes i que es puguin minimitzar els efectes secundaris a altres zones de l'organisme.

En arribar el fàrmac al seu destí, s'ha d'alliberar a una velocitat determinada per la seva efectivitat, aquesta es pot fer mitjançant una variació de condicions, com ara el pH, la temperatura, els enzims...

La nanotecnologia permet que l'alliberació del fàrmac sigui mínimament invasiva, ja que els nanosistemes puguin travessar membranes cel·lulars. Actualment, ja existeixen entre 60 - 100 fàrmacs basats en la nanomedicina. Alguns exemples són: nanopartícules d'albumina conjugades amb paclitaxel i Doxorubicina encapsulada en liposomes.



**Figura 6:** Nanopartícules d'albumina amb paclitaxel



**Figura 7:** Doxorubicina encapsulada en liposomes.

### 2.1.1. Mecanisme de difusió i erosió

El mecanisme de difusió consisteix en el pas d'una substància a través de la membrana biològica en funció del gradient de concentració, al mateix temps, les cadenes polimèriques formen la barrera de difusió.

En canvi, l'erosió consisteix en una degradació de les molècules del polímer a l'estar en contacte amb el medi, que fa que el fàrmac s'alliberi. L'erosió es pot donar pels processos de lipòlisi enzimàtica, hidròlisi o solubilització per ionització.

Per l'administració de fàrmacs existeixen una varietat de nanoestructures com els dendrímers, les nanopartícules, les micel·les, els nanotubs...

## 2.2. Liposoma

Els liposomes són estructures nanomètriques i esfèriques que es formen a partir dels lípids dispersats pel medi aquós. Constitueix la part polar situada al medi extern i intern, i la part apolar està a l'interior de la membrana.

Aquests proveeixen un gran interès dintre de les indústries alimentàries, cosmètiques i farmacèutica, ja que estan compostos de materials biodegradables i no tòxics per la cèl·lula per encapsular proteïnes, àcids nucleics, fàrmacs... A més a més, al portar el fàrmac encapsulat el protegeix de la degradació enzimàtica.

Els liposomes per aconseguir l'alliberament dels fàrmacs conté unes proteïnes a la superfície que porta el liposoma a una zona determinada de l'organisme, també conté uns sucres a la superfície que eviten la destrucció del sistema immune. (Figura 18)



### **2.3. Micel·les**

La micel·la és una estructura esfèrica formada per un conjunt de molècules caracteritzades pel seu caràcter amfipàtic, és a dir, tenen una regió polar i una apolar.

Aquesta característica és essencial per la seva utilització, nanocàpsules per administrar fàrmacs hidròfobs o, també, se subministren agents hidròfils o amfipàtics. Entre tots els tipus, destaquen les micel·les polimèriques contenen polietilenglicol a causa de la seva capacitat per prevenir l'agregació i prolongar el temps de circulació que no són reconegudes pel macròfags del fetge i, per tant, no seran fatigats.

### **2.4. Dendrímers**

Els dendrímers són polímers amb una estructura ben definida i altament ramificada. Es caracteritzen pel fet de la seva mida i geometria poden ser controlades a la seva síntesi, per disposar de propietats físiques i químiques específiques que són semblants a les de les biomolècules.

Un altre nom que reben els dendrímers és el d'«arbres» per la seva similitud de les arrels dels arbres, d'aquestes molècules ramificades presenten l'avantatge de ser modificades per presentar un grup funcional de forma multivalent, és a dir, que els elements tenen moltes valències.

Per a la seva utilització en l'alliberament de fàrmacs, els fàrmacs queden a la xarxa de dendrímers a través d'enllaços d'hidrogen, interaccions hidrofòbiques i iòniques o bé, mitjançant enllaços covalents. Els dendrímers de poliamidaimida són els dendrímers més investigats per l'administració de fàrmacs i gens.

### **2.5. Nanotubs de carboni**

Com s'ha explicat a l'apartat 1.4.1., els nanotubs de carboni són àtoms de carboni en forma de plaques hexagonals que formen una estructura cilíndrica. Les seves característiques poden variar en funció de l'orientació dels hexàgons.

Aquests nanotubs de carboni disposen d'uns pocs nanòmetres de diàmetre i unes micres de longitud. El desenvolupament del seu potencial com a capsulador de fàrmacs o sensors pel nanodiagnòstic i teràpia a escala cel·lular va ser l'objectiu de l'equip responsable del projecte CARBIO («Multi-functional carbon nanotubes for biomedical applications»). La seva geometria tubular permet inserir fàrmacs, sensors o elements tèrmics, els fàrmacs s'encapsulen en fundes protectores de carboni que eviten el contacte del fàrmac amb altres



---

teixits. Així, poden transportar-se a ubicacions concretes de l'organisme humà i atacar a les cèl·lules concretes.

## **2.6. Nanopartícules metàl·liques**

Les nanoestructures metàl·liques tenen unes propietats úniques, com les propietats conductores o aïllants depenent de la seva composició. Els materials inclouent metalls o òxids metàl·lics, semiconductors o polímers, alguns d'aquests són utilitzats en l'administració magnètica. A més a més, la seva caracterització de les propietats fisicoquímiques de la partícula poden tindre un impacte significatiu en la interacció amb teixits biològics.



### 3. LA NANOTECNOLOGIA APLICADA A LA MEDICINA

La nanotecnologia aplicada a la medicina pot provocar molts avenços en el diagnòstic, la prevenció i el tractament de malalties, ja que ens permet interactuar amb biomolècules com els de les proteïnes. La nanomedicina estudia les interaccions a nanoescala i utilitza dispositius amb una mida de 50 nm que poden entrar fàcilment a les cèl·lules i els menors de 20 nm poden transitar pel torrent circulatori.

El gran objectiu de la nanomedicina és el desenvolupament de la nanoteràpia, que es dirigeix només als teixits i òrgans malalts, evitant que s'expandeixi més el dany a la resta de l'organisme.

#### 3.1. Nanodiagnòstic

La seva destinació és la identificació de l'estat inicial de la malaltia en l'àmbit cel·lular o molecular. Detectar-ho aviat permet que s'apliqui directament un tractament adequat per arribar a la curació.

Això es duu a terme gràcies als nanosistemes de diagnòstic i es poden utilitzar in vivo o in vitro. El diagnòstic in vivo requereix que els dispositius puguin entrar al cos humà per identificar la presència dels patògens, per exemple. De tota manera, el material ha de ser biocompatible amb l'organisme humà i tindre un disseny que no produeixi efectes secundaris. En canvi, el diagnòstic in vitro té més flexibilitat amb el disseny, ja que es poden aplicar a mostres reduïdes de fluids corporals o de teixits, dels quals es fa una detecció específica en temps curts, amb major precisió i sensibilitat.

##### 3.1.1. Nanosistemes d'imatge

Aquests sistemes es basen en l'ús de les nanopartícules semiconductoras, metàl·liques o magnètiques. Aquestes actuen com a marcadors biològics de l'àrea identificada, per així aconseguir un augment de precisió.

Un dels primers sistemes de nanopartícules que s'han proposat pel marcatge cel·lular i la identificació de les zones afectades o tumors són els punts quàntics<sup>1</sup>. Quan la mida d'aquests es disminueix a pocs nanòmetres, es produeix una modificació a la seva estructura electrònica que produeix una resposta òptica (fluorescència) que pot variar la longitud de l'ona amb diferents

---

<sup>1</sup> **punt quàntic:** nanopartícules semiconductoras que pot confinar a més d'un electró i les seves propietats varien sobre el nombre d'electrons que contenen.



colors, per tant, es poden fer diferents punts de marcatge, en funció de la seva mida. (Figura 20)

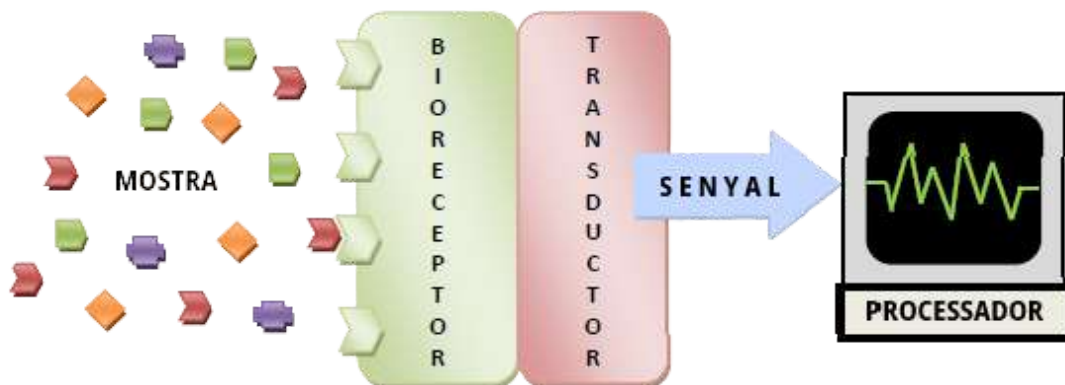
Els punts quàntics tenen un disseny complicat, però també han d'arribar al seu destí de forma selectiva i eliminar-se de l'organisme després de realitzar la seva funció, evitant efectes secundaris. La qüestió és que els macròfags tendeixen a captar a les nanopartícules abans d'arribar a la zona afectada, per aquesta raó, s'han de recobrir amb materials que puguin passar desapercebuts, com els polímers.

Per indicar on es localitza la zona afectada, es recobreix la seva superfície amb biomolècules amb afinitat selectiva cap a un compost específic de la zona per reconèixer. Quan els punts quàntics s'apropen a l'específica biomolècula, es produeix una reacció de reconeixement biomolecular, permeten la detecció mitjançant la il·luminació amb llum ultraviolada i l'observació de l'emissió de fluorescència característica del punt quàntic. (Figura 21)

### 3.1.2. Nanobiosensors

Els biosensors són dispositius integrats per un receptor biològic, com ara els anticossos, enzims, ADN... que està programat per detectar específicament una substància, també conté un sensor que determina la reacció metabòlica d'una cèl·lula o molècula i ho tradueix en informació.

Els nanobiosensors són dispositius capaços d'analitzar la substància a temps real i de forma directa i precisa sense la necessitat de marcadors fluorescents i radioactius. Tenen l'avantatge de la petita mida i la portabilitat, la qual possibilita la seva utilització a qualsevol lloc. Amb aquests nanodispositius la mostra és relativament baixa, el que vol dir que els mètodes d'extracció seran menys invasius. No obstant això, poden ser introduïts a l'interior de l'organisme, poden proporcionant dades més fiables de l'estat de salut del pacient.



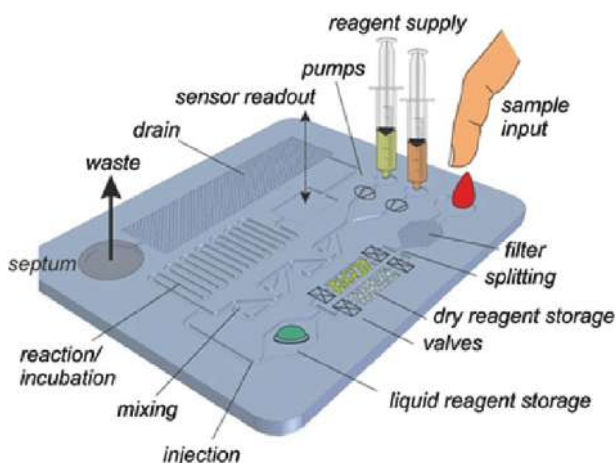
**Figura 8:** Funcionament del biosensor





### 3.1.3. Sistemes “lab-on-a-chip”

Els sistemes “lab-on-a-chip” (laboratori en un xip) són uns dispositius on es troben els components dels laboratoris a escala nanomètrica com els reactors, sensors, canals... Aquests dispositius presenten avantatges d'un anàlisi ràpid en només una mostra reduïda, a més de ser portàtil i d'un sol ús. Es creu que un nanosistema amb nanosensors podria, amb una mostra de sang, realitzar un diagnòstic gràcies a l'activitat molecular.



**Figura 9:** Composició del sistema “lab-on-a-chip”

## 3.2. Teràpia basada en nanopartícules

Les nanopartícules poden utilitzar-se com a agents terapèutics. Aquestes s'uneixen als teixits afectats o cèl·lules canceroses i comença el seu escalfament mitjançant l'aplicació d'un camp magnètic de baixa intensitat per les nanopartícules magnètiques o per la irradiació amb llum infraroja per nanopartícules metàl·liques. Aquest escalfament provoca la destrucció de les cèl·lules tumorals per hipertèmia, sense afectar les cèl·lules o teixits sans del seu voltant.

Una de les primeres nanoteràpies va ser desenvolupada per l'empresa alemanya MagForce Nanotechnologies AG, que el juliol del 2010 va rebre l'aprovació de l'Agència Europa. Aquesta nanoteràpia es basa en l'ús de nanopartícules d'òxid de ferro recobertes d'aminosilà. Un exemple de la seva aplicació és als tumors cerebrals que consisteix a injectar nanopartícules magnètiques a la zona del tumor i després aplicar un camp magnètic d'alta freqüència, produint un escalfament local de la zona tumoral a causa de la vibració de les nanopartícules i per conseqüència la destrucció de les cèl·lules canceroses.



### 3.3. Nanomedicina regenerativa

La nanomedicina regenerativa s'ocupa de la substitució o reparació de teixits i òrgans afectats mitjançant l'aplicació de mètodes procedents de la teràpia gènica, la teràpia cel·lular, la dosificació<sup>2</sup> de substàncies bioregeneratives i l'enginyeria de teixits.

La seva idea és dissenyar estructures adequades per afavorir el creixement dels teixits a les zones afectades en dirigir la proliferació<sup>3</sup> i diferenciació cel·lular<sup>4</sup>. La principal dificultat és la cerca dels materials adequats que permeten la fabricació d'estructures que mantinguin actiu a l'òrgan afectat mentre es regenera la zona afectada. Entre aquests materials, destaca els nanotubs de carboni.

### 3.4. Malalties

Actualment, existeixen moltes hipòtesis per trobar la cura de malalties que encara provoquen la mortalitat, la majoria es poden trobar gràcies a la nanotecnologia.

#### 3.4.1. Càncer

Una d'aquestes malalties és el càncer, és veritat que ja existeixen alguns mètodes com la quimioteràpia i radioteràpia, però tenen efectes secundaris. Segons Nora Ventosa, investigadora de l'Institut de Ciència de Materials (ICMAB), un possible avenç pot ser les nanovesícules, anomenades quantosomes<sup>5</sup>, les quals es poden acoblar amb el microARN i injectar-se per la via intravenosa, el microARN interfereix a la pluralització cel·lular i els gens relacionats amb la supervivència en els tumors, el fet que fa que el creixement del tumor disminueixi. A més a més, els quantosomes protegeixen al microARN de la degradació i augmenta la seva presència als tumors. Encara que, en haver-hi molts tipus de càncers, aquest tractament només es pot utilitzar específicament al càncer de fetge i pulmó.

#### 3.4.2. Trastorns cerebrals

Els investigadors han identificat les vies biològiques que condueixen el desenvolupament de malalties neurodegeneratives, una d'elles és la barrera hematoencefàlica (BHE), un sistema de protecció recoberta de vasos sanguinis del cervell, que controla i restringeix el pas de substàncies tòxiques o aquelles

<sup>2</sup> **dosificació:** graduar la quantitat o porció d'algunes coses.

<sup>3</sup> **proliferació:** reproducció o multiplicació d'algun organisme viu, especialment de les cèl·lules.

<sup>4</sup> **diferenciació cel·lular:** conjunt de canvis en l'estructura o funció d'una cèl·lula, òrgan o organisme que condueixen a la seva especialització

<sup>5</sup> **quatsoma:** nanoestructures compostes per dues capes lipídiques estables



molècules que poden tindre un efecte beneficiós, entre la circulació sanguínia i el fluid cerebral. Un equip de l'Hospital de la Dona de Brigham i l'Hospital Infantil de Boston, han dissenyat una plataforma de nanopartícules que poden facilitar l'administració efectiva de fàrmacs (agents terapèutics) encapsulats directament a l'interior del cervell, sense afectar la BHE.

### **3.4.3. Tuberculosi**

Els mètodes per detectar la tuberculosi d'avui en dia, són molt lents i la majoria necessiten un personal qualificat i materials costosos. En tot cas, la nanotecnologia ofereix molta sensibilitat, especificitat, reduint el cost, el temps i la necessitat de tenir un personal qualificat. Una primera possible opció és la detecció mitjançant un immunosensor format per nanopartícules, el qual és construït per una monocapa de nanopartícula d'or que s'uneix amb l'anticòs. En unir-ho amb la mostra del pacient, sorgeix la unió de l'anticòs i l'antigen.

Per la seva cura, també es pot aplicar l'alliberament de fàrmacs per nanocàpsules amb les partícules de ZnO i les d'Ag.



## **4. PART EXPERIMENTAL**

### **4.1. Pràctica 1: Simulació de nanocàpsules formades per alginat de sodi i clorur de calci**

#### **4.1.1. Objectiu**

Investigar si la diferència de la concentració d'alginat de sodi altera les propietats de la nanocàpsula. A més, estudiar i entendre l'encapsulació d'un líquid dins d'un material viscos, que pot funcionar com un gel.

#### **4.1.2. Introducció**

Aquesta pràctica es va dur a terme el 30 de novembre del 2022 al laboratori de l'Institut de Flix amb l'ajuda del tutor.

En aquesta pràctica observarem la realització d'una simulació de nanocàpsules a partir d'alginat de sodi i clorur de calci. En aquesta, a més, investigarem si el canvi de concentració d'alginat de sodi altera les propietats de la nanocàpsula.

#### **4.1.3. Materials**

- Alginat de sodi
- Clorur de calci
- Aigua
- Colador
- Comptagotes
- Batedora
- Placa calefactora
- Colorant (opcional)
- Proveta
- Matràs d'Erlenmeyer o vas de precipitats

#### **4.1.4. Procediment**

1. Per començar preparam una dissolució d'alginat de sodi i aigua.
  - 1.1. Mesurem amb la proveta 100 mL d'aigua a un matràs d'Erlenmeyer o vas de precipitats i la escalfem la placa calefactora fins que bulli.
  - 1.2. Quan bull, retirem el matràs d'Erlenmeyer / vas de precipitats de la placa calefactora i hi afegim, en diferents vasos de precipitats, 1 gram i 0,5 grams d'alginat i ho barregem. A poc a poc, es podrà considerar que la dissolució està més viscosa.
  - 1.3. En aquesta dissolució es podria afegir colorant per, quan es finalitza la pràctica, puguem veure millor les nanocàpsules.



2. A continuació, preparem una altra dissolució en la qual dissoldrem 1 gram de clorur de calci en 150 mL d'aigua i es diposita en un recipient.
3. Després, col·loquem dins de la darrera dissolució preparada, el colador de manera que quedi una mica submergit.
4. Finalment, absorbim amb el comptagotes la dissolució de l'alginat i deixem caure gotes al colador. En aixecar el colador, analitzarem les nostres nanocàpsules.

#### 4.1.5. Resultats

A simple vista, es pot afirmar que les nanocàpsules de 0,5 grams, presenten unes formes irregulars respecte a les d'1 gram. Per afegiment, al cap de 24 hores, vam observar que les nanocàpsules d'ambdues concentracions s'assequen en deixar-les reposar a condicions estàndard. Addicionalment, si es posa pressió a la nanocàpsula, el líquid de l'interior surt de manera disparada. Aquest procés de per aconseguir l'alliberament del fàrmac, serà substituït per la destrucció de la capa exterior amb característiques semblants a les biomolècules amb la finalitat de què la nanocàpsula pugui reconèixer la zona afectada. Finalment, podem comentar que el canvi de la concentració alginat de sodi altera les propietats de la nanocàpsula.



**Figura 10:** Nanocàpsules d'alginat de sodi i clorur de calci. A l'esquerra, de 0,5 grams i a la dreta d'1 gram.



## **4.2. Pràctica 2: Simulació de nanocàpsules formades per agar**

### **4.2.1. Objectiu**

Comprovar si la diversitat de concentració d'agar afecta les propietats de la nanocàpsula. Addicionalment, com a la pràctica anterior, entendre l'encapsulació d'un líquid i com podria funcionar en l'alliberament controlat de fàrmac amb l'ajuda del tutor.

### **4.2.2. Introducció**

Com la pràctica anterior, la pràctica 2 es va realitzar el dia 30 de novembre del 2022 al laboratori de l'Institut de Flix amb l'ajuda del tutor.

En aquesta pràctica, també generem la simulació de nanocàpsules, però, aquesta vegada, amb una altra alternativa, el reactiu d'aquest procés és l'agar. Així mateix, hem portat a cap dos processos, un amb 1 gram i l'altre 0,5 grams d'agar. En finalitzar la pràctica, comparem els seus resultats i comprovem si la concentració d'agar altera les propietats de la nanocàpsula.

### **4.2.3. Materials**

- Agar
- Oli de gira-sol
- Líquid escollit per inserir-lo a l'interior de la nanocàpsula
- Vas llarg
- Proveta
- Comptagotes
- Placa calefactora
- Termòmetre
- Matràs d'Erlenmeyer

### **4.2.4. Procediment**

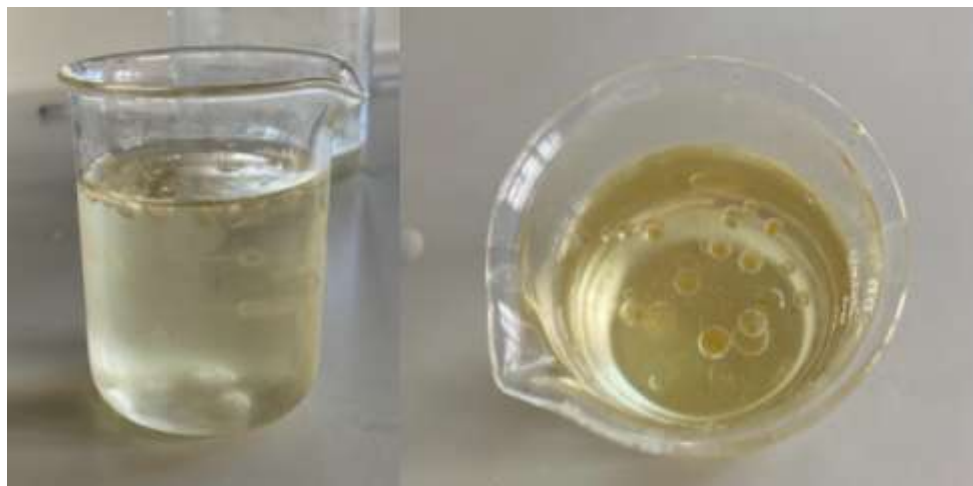
1. Primer de tot, emplenem el vas llarg d'oli de gira-sol i ho posem a refredar-se durant 30 minuts.
2. Tot seguit, mesurem la quantitat del líquid elegit per inserir-lo dins la nanocàpsula a 75 mL a un matràs d'Erlenmeyer, en aquest cas hem escollit l'aigua.
3. Posteriorment, posem el matràs d'Erlenmeyer a la placa calefactora per a bullir-ho.
4. Seguidament, pesem 1 gram i 0,5 grams d'agar.
5. Quan el líquid escollit comenci a bullir, afegim l'agar pesat i ho barregem, aconseguint que l'agar es fongui, en diferents recipients.



6. En acabat, deixem reposar la mescla fins que adquireixi els 37 - 40 graus.
7. Una vegada adquirit, més tard, absorbim la mescla amb el comptagotes i afegim gotes a l'oli de gira-sol fred de manera contínua i amb precaució.
8. En últim lloc, observem les nanocàpsules i les podem colar amb el colador.

#### 4.2.5. Resultats

Durant la pràctica, hem afirmat que quan inserim les gotes de la mescla en el recipient d'oli gira-sol, la que conté 0,5 grams d'agar, descendeix amb més velocitat. A més a més, al deixar-les reposar a condicions estàndard, les de 0,5 grams es desfan, per tant, podem assegurar que 1 gram és la quantitat mínima perquè la nanocàpsula sigui efectiva. En definitiva, podem dir que el canvi de concentració d'agar altera les propietats de la nanocàpsula.



**Figura 11:** Nanocàpsules d'agar. A l'esquerra, formades per 0,5 grams i a la dreta, per 1 gram.

#### 4.3. Conclusions de la part pràctica

Després de realitzar les pràctiques, podem entendre millor el funcionament de l'alliberament de fàrmac. Si tractem a un pacient que sofreix càncer, seleccionariem una nanocàpsula amb una membrana que pugui reconèixer el tumor i faciliti el recorregut de la nanocàpsula dins l'organisme. Posteriorment, s'introdueix a la via intravenosa i en arribar al tumor, es duu a terme l'endocitosis, ja que la nanocàpsula es transporta a l'interior de les cèl·lules canceroses i amb l'ajuda de diferents molècules, com el suc gàstric, destrueixen la capa externa i allibera al fàrmac.



---

Avui en dia, no hi ha més de 100 medicaments que utilitzi la medicina, però alguns exemples són: nanopartícules d'albumina conjugades amb paclitaxel i Doxorubicina encapsulada en liposomes (Figura 6 i 7).





## **CONCLUSIONS**

Durant la realització del treball, vaig adonar-me que havia escollit un tema complex perquè, en ser un concepte menys conegut, costa més trobar informació fiable. En la recerca de la informació, la majoria d'articles estaven redactats en anglès i a més, contenia termes molt específics.

Tanmateix, he gaudit en l'elaboració del treball per la raó que he pogut aprendre com funciona el mecanisme d'una recerca científica i sobretot, he après conceptes nous dels quals mai n'hi havia sentit parlar, d'aquesta manera he pogut complir la principal finalitat del Treball de Recerca. Sobretot, en finalitzar-lo he sentit una gran satisfacció de la feina feta.

En el transcurs de la investigació realitzada al llarg del treball, tant com teòrica com experimental, podem afirmar que la nanotecnologia és una ciència i disciplina que ens pot ajudar a desenvolupar el món, no obstant això, requereix tenir un coneixement més ampli per informar-se dels seus possibles impactes negatius i de les capacitats que pot obtenir, a més cal fer-ne un bon ús d'ella. En l'àmbit de la medicina, diversos estudis afirmen que l'efectivitat de la nanotecnologia permet la fabricació de tractaments nous de malalties sense cura o que, probablement, podrien substituir als actuals de les malalties amb tractaments que contenen efectes secundaris, actualment, disposem d'un centenar de medicaments formats per la nanotecnologia. Diversos dels tractaments de la nanomedicina es basen en les nanocàpsules i segons la malaltia que tractem, podem fer l'ús de diferent tipus de nanocàpsules. Com ara un pacient que pateix càncer, el tipus de nanocàpsules que mostra més efectivitat són les nanopartícules magnètiques, ja que poden localitzar el tumor i eliminar les cèl·lules canceroses.

De tota manera, els beneficis aportats per la nanotecnologia no es veuran apreciats a llarg termini perquè es duen a terme llargs processos d'aprovació als sectors mèdics. La nanomedicina ens dona l'oportunitat de millorar la qualitat de vida de la nostra societat i resoldre els seriosos problemes que molts s'enfronten cada dia. En tot cas, cal recalcar que encara falta una gran quantitat d'investigació i desenvolupament de la nanomedicina.



## BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

AGUILERA, Luis; CEPEDA, Oscar; FRAUSTO, Silverio; GAITÁN, César; SÁNCHEZ, Javier. “Implicaciones médico-dentales de la nanotecnología y su toxicidad”, *Contexto Odontológico*. [en línia]. 2020, Vol. 10, núm. 19, p. 13-19, ISSN: 2007-3461 [Consultat: juliol 2022] Disponible a: <<https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/contextoodontologico/article/view/944/863>>

ALCALDE, Sergi. *Nanocápsulas contra el cáncer* [en línia]. Madrid, 4 febrer 2022: National Geographic Espanya [Consultat: juny 2022] Disponible a: <[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/nanocapsulas-contra-cancer\\_17825](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/nanocapsulas-contra-cancer_17825)>

ALONSO, Beatriz; CASADO, Carmen M.. *Dendrímeros: macromolècules versàtils con interés interdisciplinar* [en línia]. Madrid, 2017: Universitat Autònoma de Madrid. [Consultat: agost 2022] Disponible a: <[https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/677729/EM\\_54\\_3.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/677729/EM_54_3.pdf?sequence=1)>

ALONSO GUTIÉRREZ, Brenda Janett; LÓPEZ MELÉNDEZ, Arnulfo; RODRÍGUEZ LIÑAN, Carolina Yazmín; LÁZARO LÓPEZ, David Abraham et al. “La nanotecnología a 40 años de su aparición: Logros y tendencias.” *Ingenierías* [en línia] 2015, vol. 18, núm 66, p. 13-23. [Consultat: octubre 2022] Disponible a: <[http://eprints.uanl.mx/10563/1/66\\_la\\_nanotecnologia.pdf](http://eprints.uanl.mx/10563/1/66_la_nanotecnologia.pdf)>

BERMEJO BERMEJO, Marta; SERENA DOMINGO, Pedro A.. *Los riesgos de la Nanotecnología*. Madrid: Los Libros de la Catarata, 2017.

CARDOSO, Patricia C.. “Nanopartículas de plata: obtención, utilización como antimicrobiano e impacto en el área de la salud”. *Rev. Hosp. Niños (B. Aires)*. [en línia] 2016, vol. 58, núm 260, p. 19-28. [Consultat: octubre 2022] Disponible a: <<http://revistapediatria.com.ar/wp-content/uploads/2016/04/260-Nanoparti%CC%81culas-de-plata.pdf>>

CORDIS (*Community Research and Development Information Service*). *La utilidad de los nanotubos de carbono contra el cáncer* [en línia]. Setembre 2013: Resultats i investigacions de la UE. [Consultat: agost 2022] Disponible a: <<https://cordis.europa.eu/article/id/36049-carbon-nanotubes-bullets-in-the-fight-against-cancer/es>>

CUADROS CELORRIO, Marta; LLANOS MÉNDEZ, Aurora; VILLEGAS PORTERO, Román. *Nanotecnología en Medicina* [en línia]. Sevilla, 2007:



Agencia d'Evaluació de Tecnologies Sanitàries d'Andalusia. [Consultat: juny 2022] Disponible a:

<[https://www.aetsa.org/download/publicaciones/antiguas/AETSA\\_2007-02\\_F2\\_Nanomedicina.pdf](https://www.aetsa.org/download/publicaciones/antiguas/AETSA_2007-02_F2_Nanomedicina.pdf)>

DELGADO, Gian Carlo. "Nanotecnología y producción de alimentos: impactos económicos, sociales y ambientales". *Estudios sociales* [en línia]. 2009, vol.17, n.34, p.185-205. ISSN 0188-4557 [Consultat a: octubre 2022] Disponible a: <<https://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v17n34/v17n34a7.pdf>>

DÍEZ SALES, D. Octavio. La Nanotecnología en la Medicina del Futuro [en línia]. València, Academia de Farmacia de la Comunitat Valenciana, 2020. [Consultat: setembre 2022] Disponible a:

<<https://afcv.es/public/Attachment/2021/3/1615968631DiscursoOctavioDiezweb.pdf>>

DR. CASTAGNINO, Juan M. Técnicas, materiales y aplicaciones en nanotecnología [en línia]. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, 2007, pàg. 189-91. [Consultat: setembre 2022] Disponible a: <<http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v41n2/v41n2a01.pdf>>

DUNPHY GUZMÁN, Katherine A.; TAYLOR, Margaret R.; BANFIELD, Jillian F. Environmental risks of nanotechnology: *National nanotechnology initiative funding, 2000– 2004*. [en línia] 2006, p. 1401-1407 [Consultat: juliol 2022] Disponible a: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es0515708>>

GARCÍA, Nuria. *Electrospinning: una técnica fascinante para la obtención de nanofibras poliméricas* [en línia]. Revista de Plásticos Modernos. Març 2013, vol. 105, núm 677, p. 166 - 173. [Consultat: agost 2022] Disponible a: <[https://www.researchgate.net/publication/256791503\\_Electrospinning\\_una\\_Tecnica\\_Fascinante\\_para\\_la\\_Obtencion\\_de\\_Nanofibras\\_Polimericas](https://www.researchgate.net/publication/256791503_Electrospinning_una_Tecnica_Fascinante_para_la_Obtencion_de_Nanofibras_Polimericas)>

GONZALO, Teresa; MUÑOZ, M<sup>a</sup> Angeles. *Dendrímeros y sus aplicaciones biomédicas* [en línia]. Madrid, 2010: Laboratori d'Inmunobiologia Molecular, Hospital General Universitari Gregorio Marañón. [Consultat: agost 2022] Disponible a: <[https://bibliotecavirtual.ranf.com/es/catalogo\\_imagenes/grupo.do?path=6027668](https://bibliotecavirtual.ranf.com/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=6027668)>

INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). *Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales* [en línia]. Madrid, 2015: Govern d'Espanya, Ministeri d'Ocupació i Seguretat Social. [Consultat: juny 2022] Disponible a:



<<https://www.insst.es/documents/94886/96076/sst+nanomateriales/bd21b71f-d5ec-4ee8-8129-a4fa58480968>>

Instituto Roche. (16 de març del 2022). *Nanomedicina - Ramón Martínez en la IV Jornada Anticipando* [vídeo en línia]. [Consultat a: setembre 2022] Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=4nZRcKhhBiw>>

LECHUGA, Laura M.. *Nanomedicina: aplicación de la nanotecnología en la salud* [en línia]. Madrid, 2011: 9ª edició del curs de Biotecnologia Aplicada a la Salut Humana. [Consultat: juny 2022]. Disponible a <[https://digital.csic.es/bitstream/10261/44635/1/7\\_Nanomedicina.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/44635/1/7_Nanomedicina.pdf)>

MENDOZA URIBE, Guadalupe; RODRÍGUEZ-LÓPEZ, José Luis. *La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso* [en línia]. San Luis Potosí (Mèxic), 2006, p. 160-186. [Consultat: setembre 2022] Disponible a: <<https://perfilesia.flacso.edu.mx/index.php/perfilesia/article/view/209/163>>

MoleQla. *Revista de Química de la Universidad Pablo de Olavide* [en línia]. 2011, núm 3. Sevilla. ISSN 2173-0903. [Consultat: juliol 2022] Disponible a: <[https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/NUMERO3\\_COMPLETO.pdf](https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/NUMERO3_COMPLETO.pdf)>

RAMSDEN, Jeremy. *Nanotechnology: an introduction*. William Andrew, 2016.

RODRÍGUEZ, Héctor. *Nanotecnología para tratar trastornos cerebrales* [en línia]. Madrid, 6 gener 2021: National Geographic Espanya. [Consultat a: setembre 2022] Disponible a: <[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/farmacos-polizones-nanotecnologia-para-tratar-trastornos-cerebrales\\_16209](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/farmacos-polizones-nanotecnologia-para-tratar-trastornos-cerebrales_16209)>

SÁNCHEZ, Antonio Javier. *Nanotecnología vs Tuberculosis* [en línia]. Sevilla, octubre 2017: Universitat de Sevilla. [Consultat a: setembre 2022] Disponible a: <[https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero28/De\\_stacado\\_2.pdf](https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero28/De_stacado_2.pdf)>

SÁNCHEZ, Jaime; GUERRERO, Héctor; MARTÍN, Susana; TAMAYO, Remo; COSME, M<sup>a</sup> Luisa; SERRANO, Pilar; MAZADIEGO, Raquel. *Nanotecnología en España* [en línia]. Madrid, 2005: Cercle d'Innovació en Microsistemes i Nanotecnologia. [Consultat: agost 2022] Disponible a: <<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001594.pdf>>

SHATKIN, Jo Anne. *Nanotechnology: health and environmental risks*. Crc Press, 2017.

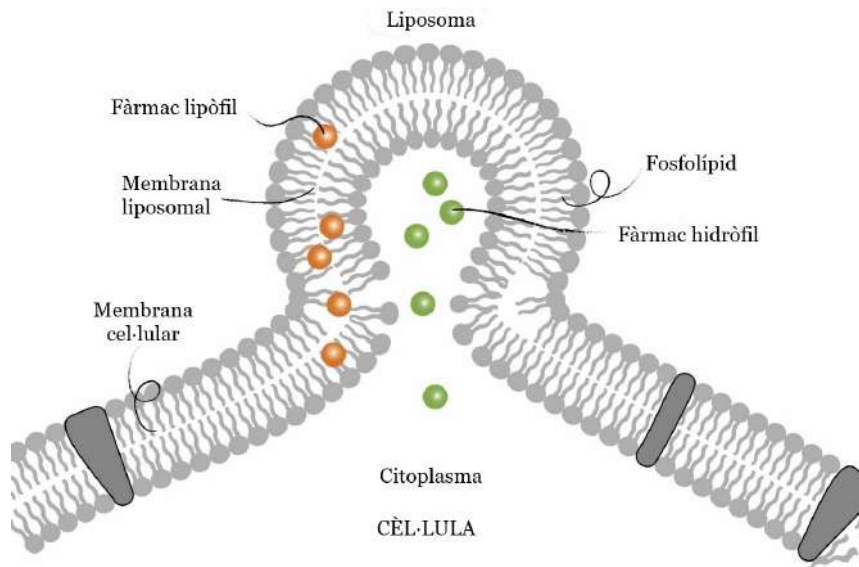


---

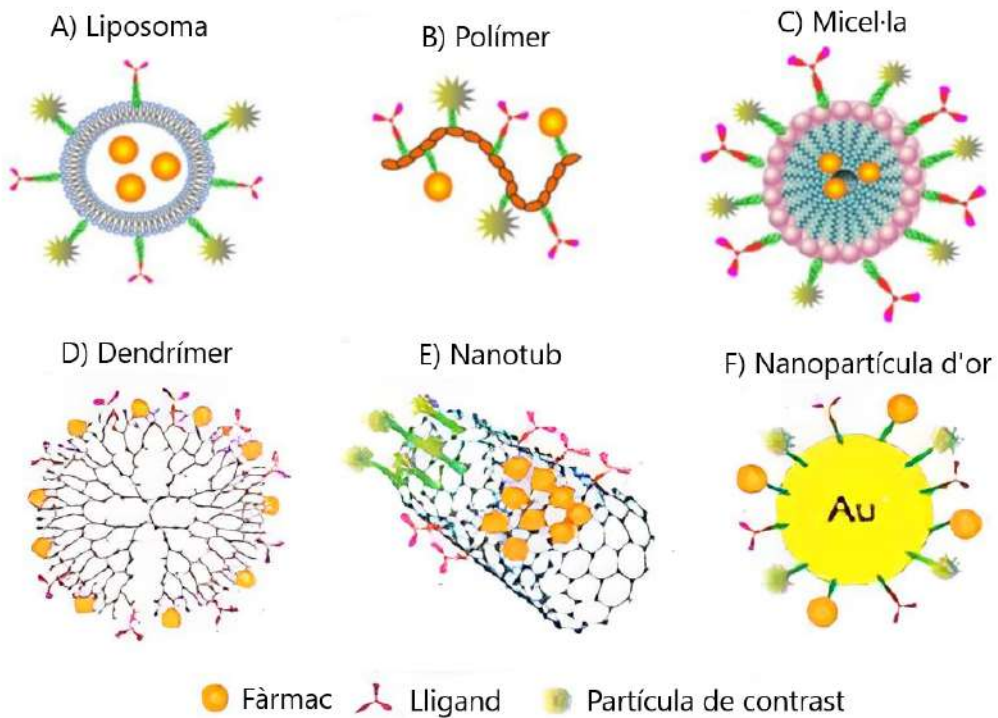
STAFF, Redacción. "Nanotecnología, nanopartículas y toxicidad." *Revista Enfermería del Trabajo* [en línea]. 2015, p.21-27. [Consultat: octubre 2022]  
Disponible a: <<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5213017.pdf>>







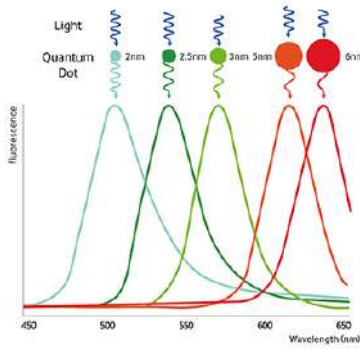
**Figura 18:** Alliberació de fàrmacs segons si són hidròfils (taronja) o lipòfils (verd) a partir d'un liposoma.



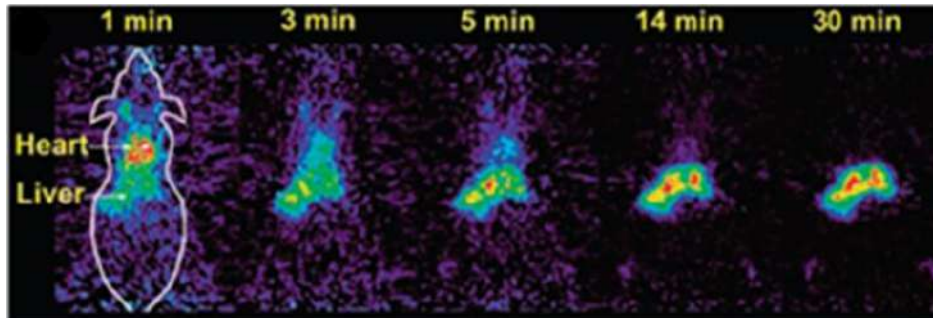
**Figura 19:** Diferents tipus de nanocàpsules i el seu funcionament.



Color of Light Depends On Size of Quantum Dot



**Figura 20:** Gràfic del color fluorescent segons la mida del punt quàntic.



**Figura 21:** Inserció dels punts quàntics i la seva acumulació en cèl·lules o òrgans afectats



**Figura 22:** Mesurament de l'alginat de sodi (pas 1.2. de la pràctica 1)



**Figura 23:** Elaboració de la primera pràctica (pas 1.2.)





**Figura 24:** Elaboració de la primera pràctica (pas 1.2.)



**Figura 25:** Elaboració de la pràctica 1 (pas 4)



**Figura 26:** Resultat de les nanocàpsules, de la pràctica 1, a deixar-ho reposar 24 h. A l'esquerra, de 1 grams i a la dreta de 0,5 grams.



**Figura 27:** Mesurament de l'agar (pas 4 de la pràctica 2)



**Figura 28:** Oli de gira-sol congelat, material de la pràctica 2



**Figura 29:** Mescla d'agar i aigua (pas 6 de la pràctica 2)



**Figura 30:** Elaboració de la pràctica 2 (pas 5)



**Figura 31:** Resultat de les nanocàpsules, de la pràctica 2, a deixar-ho reposar 24 h. A l'esquerra, de 0,5 grams i a la dreta d'1 gram.