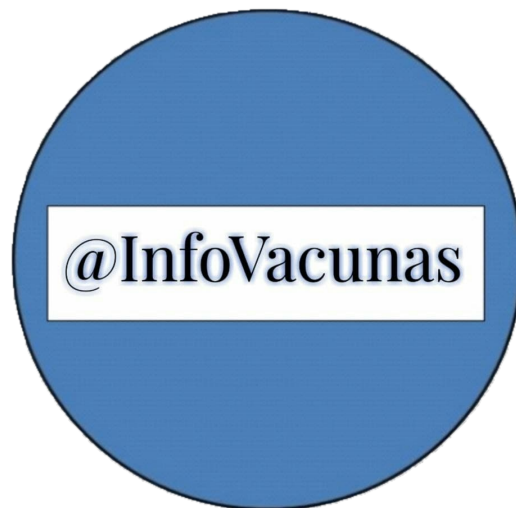


**Estudio**  
**NanoTEC**

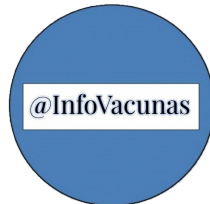
De  
@InfoVacunas



<https://t.me/InfoVacunas>

# ¿Nano-sensores Biochips o cristales de sal? Análisis del nivel tecnológico actual

@INFOVACUNAS  
Noviembre 2021 / Febrero 2022  
Barcelona  
Dani R. Díaz



All Rights Reserved

Análisis visual realizado por Dani R. Díaz de los elementos hallados en vacunas Covid bajo microscopía óptica por el Doctor Pablo Campa Madrid y el Bioestadístico Ricardo Delgado Martín.  
Comparativa observacional. Hipótesis abierta.

# **Análisis observacional de los cristales hallados en vacunas Covid**

**&**

**Estudio del nivel nanotecnológico actual en materia de  
biochips microfluídicos biosensores para nano-redes  
intraorgánicas inalámbricas como elementos esenciales  
para la instauración masiva global de la IoT**

\* El objetivo de este informe es meramente informativo y será publicado libremente en internet.

\* Se permite la libre difusión sin fines de lucro. Aportando las fuentes.

\* No se responderá a interpretaciones de dicho informe que no estén elaboradas bajo parámetros científicos o que busquen tergiversar el contenido de este. Solo se responderá a la constructividad informativa.

\* El autor solo se hace responsable de lo que en este informe se expone. Y no de las interpretaciones de terceros.

\* El autor puede, o no, estar de acuerdo con las explicaciones expuestas de la literatura científica.

---

El 100% de las imágenes usadas en este informe para la comparativa visual proceden de la literatura científica. Serán aportadas todas y cada una de las fuentes al final. Tanto de lo redactado, como de los fotogramas.

Las imágenes correspondientes a las vacunas Covid proceden de estas fuentes:

- **Imágenes de vacuna Covid obtenidas por el Dr. Pablo Campra**
    - [https://www.researchgate.net/publication/356507702\\_MICROSTRUCTURES\\_IN\\_COVID\\_VACCINES\\_inorganic\\_crystals\\_or\\_Wireless\\_Nanosensors\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/356507702_MICROSTRUCTURES_IN_COVID_VACCINES_inorganic_crystals_or_Wireless_Nanosensors_Network)
  
  - **Imágenes de vacuna Covid obtenidas por el Bioestadístico Ricardo D. Matín**
    - <https://odysee.com/@laquintacolumna:8/M%C3%81SIM%C3%81GENESDEPATRONESARTIFICIALESYMICROTECNOLOG%C3%81DAENLAVACUNAPFIZER:4>
    - [NUEVAS IMÁGENES AL MICROSCOPIO DE LA VACUNA PFIZER \(odysee.com\)](https://odysee.com/@laquintacolumna:8/NUEVAS_IMAGENES_AL_MICROSCOPIO_DE_LA_VACUNA_PFIZER:4)
    - <https://t.me/laquintacolumna/16911?single>
    - <https://t.me/laquintacolumna/16733>
-

# **Informe**

---

## **PARTE 1**

**Comparativa observacional de cristales hallados en vacunas Covid, y cristales de sal y sacarosa.** (Ambos elementos -sal y sacarosa- presentes en la lista de ingredientes de vacunas Covid).

---

## **PARTE 2**

**Análisis de la posible introducción en vacunas Covid de nano-tecnología tipo biochips microfluídicos plasmónicos, infiltrados entre cristales de sal y sacarosa.**

**Y repaso del nivel nanotecnológico actual en la materia.**

---

La semejanza visual entre los 3 elementos - biochips microfluídicos de cristal polimérico, cristales de sal o sacarosa, y cristales hallados en vacunas Covid - es muy similar entre ambas. Se analiza la posibilidad de introducción en vacunas Covid de Biochips sensores, infiltrados entre cristales de sal o sacarosa.

**El objetivo de la Parte 2 de este informe es arrojar algo de luz sobre el nivel nanobiotecnológico actual y mostrar que, actualmente, la tecnología posibilita dicha introducción. Por lo tanto, junto con la gran semejanza visual, esto hace que la posibilidad sea muy real.**

## PARTE 1 - Posibles cristales de sal y sacarosa

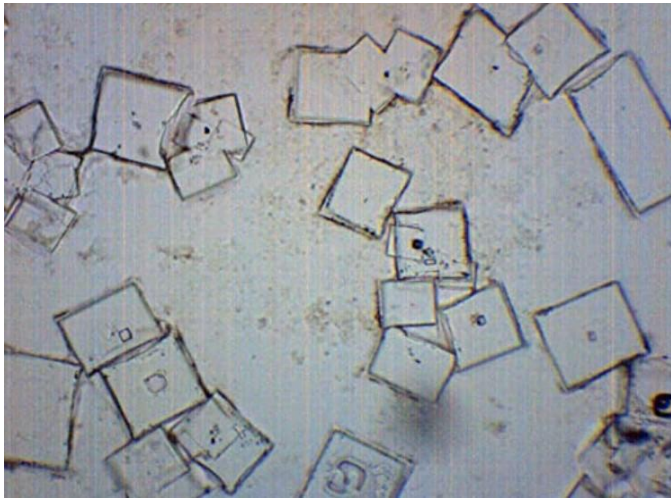
**Lista de Ingredientes:** Vacunas Pfizer. CDC.

[Descripción general y seguridad de la vacuna PFIZER-BioNTech COVID-19 y | de seguridad CDC](#)

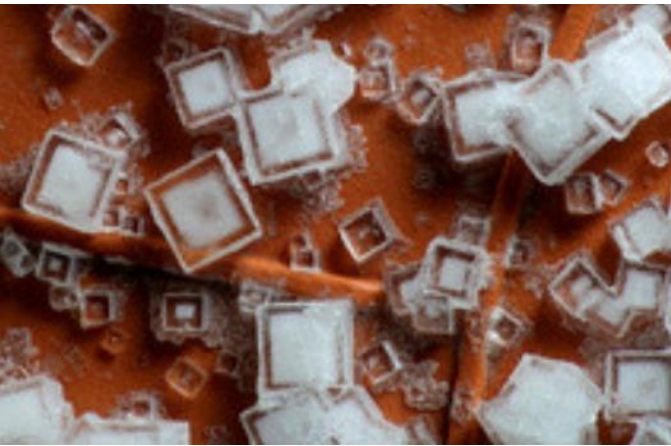
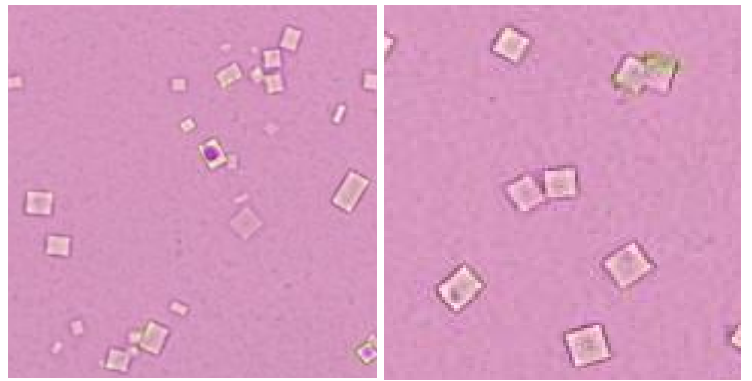
- Cloruro de potasio (sal alimentaria común)
- Cloruro de sodio (sal de mesa básica)
- Sacarosa (azúcar de mesa básico)

Comparativa visual entre cristales hallados en vacunas Covid y cristales de sal o sacarosa bajo microscopía óptica.

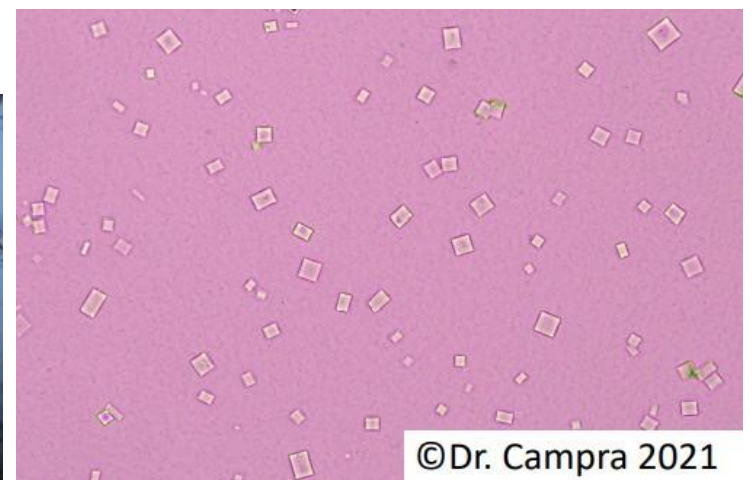
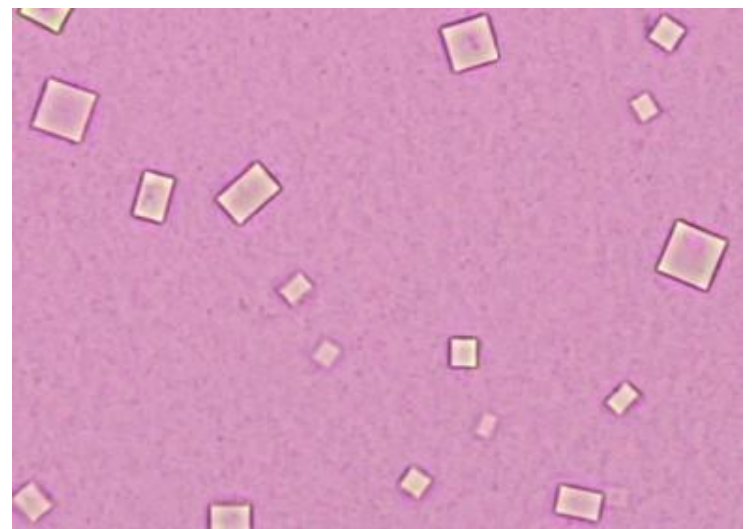
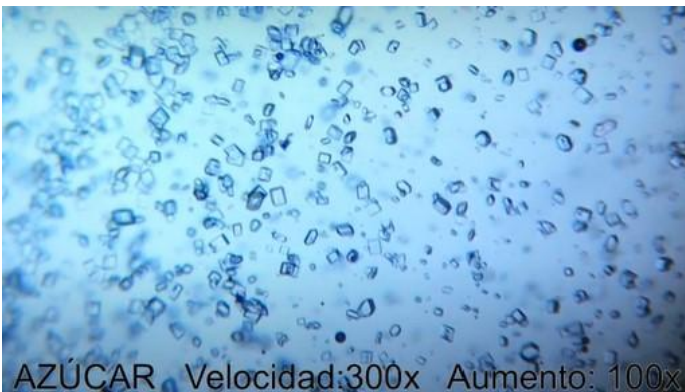
**Cristales de sal**



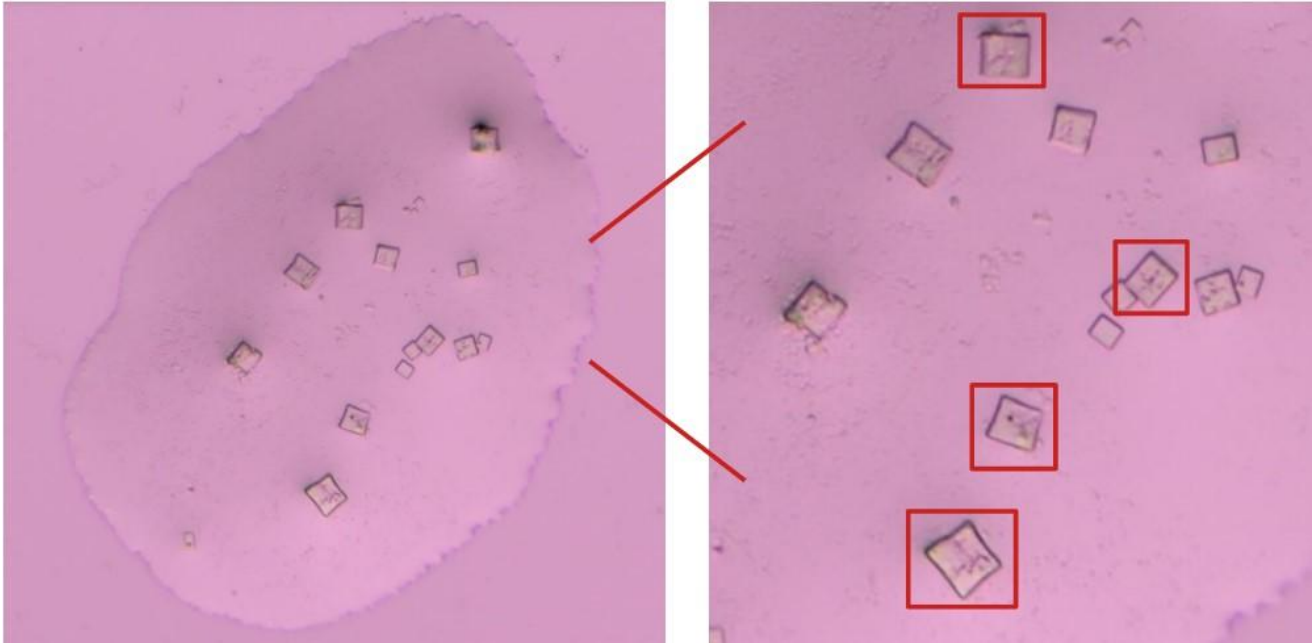
**Vacuna Covid**



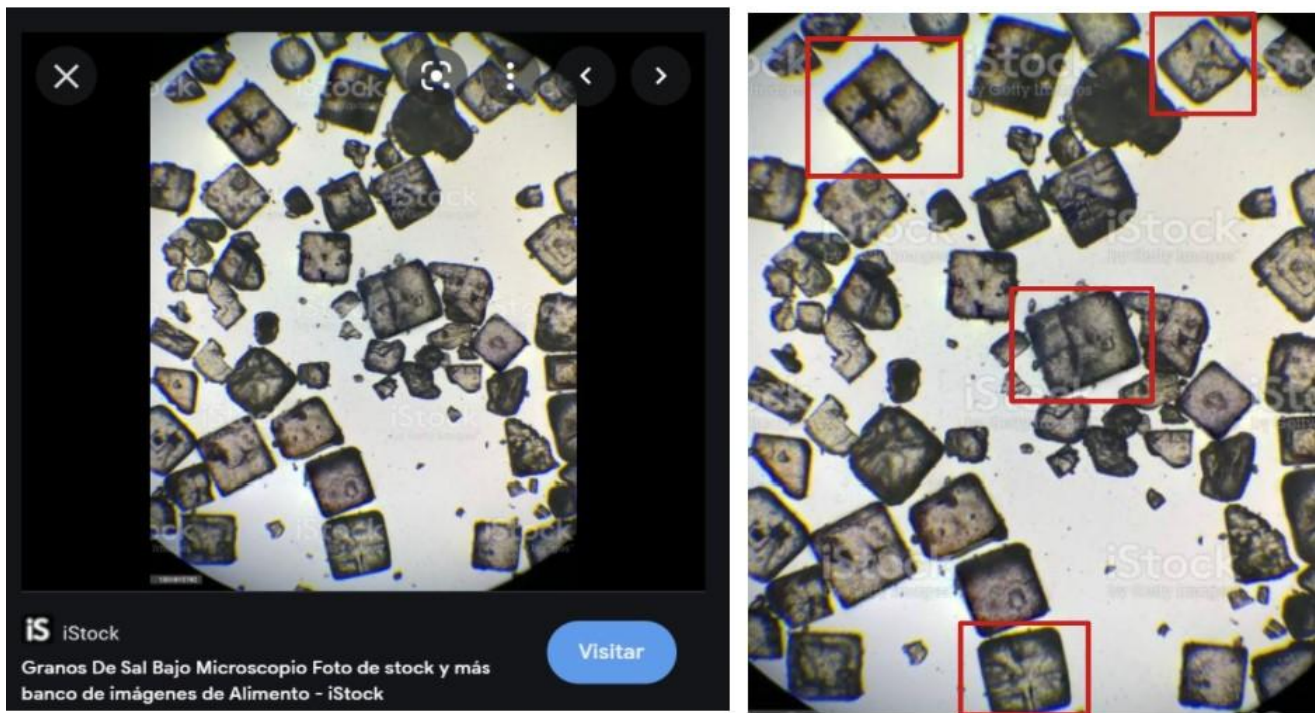
**Cristales de azúcar**



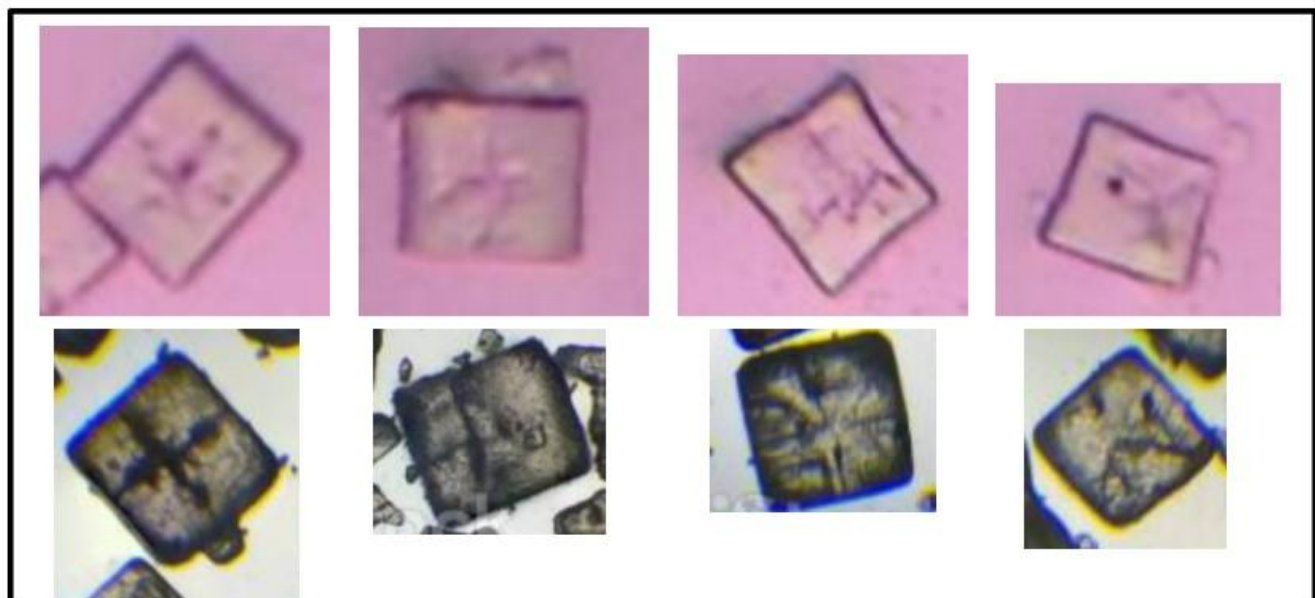
### Cristales vacuna Covid



### Cristales de sal

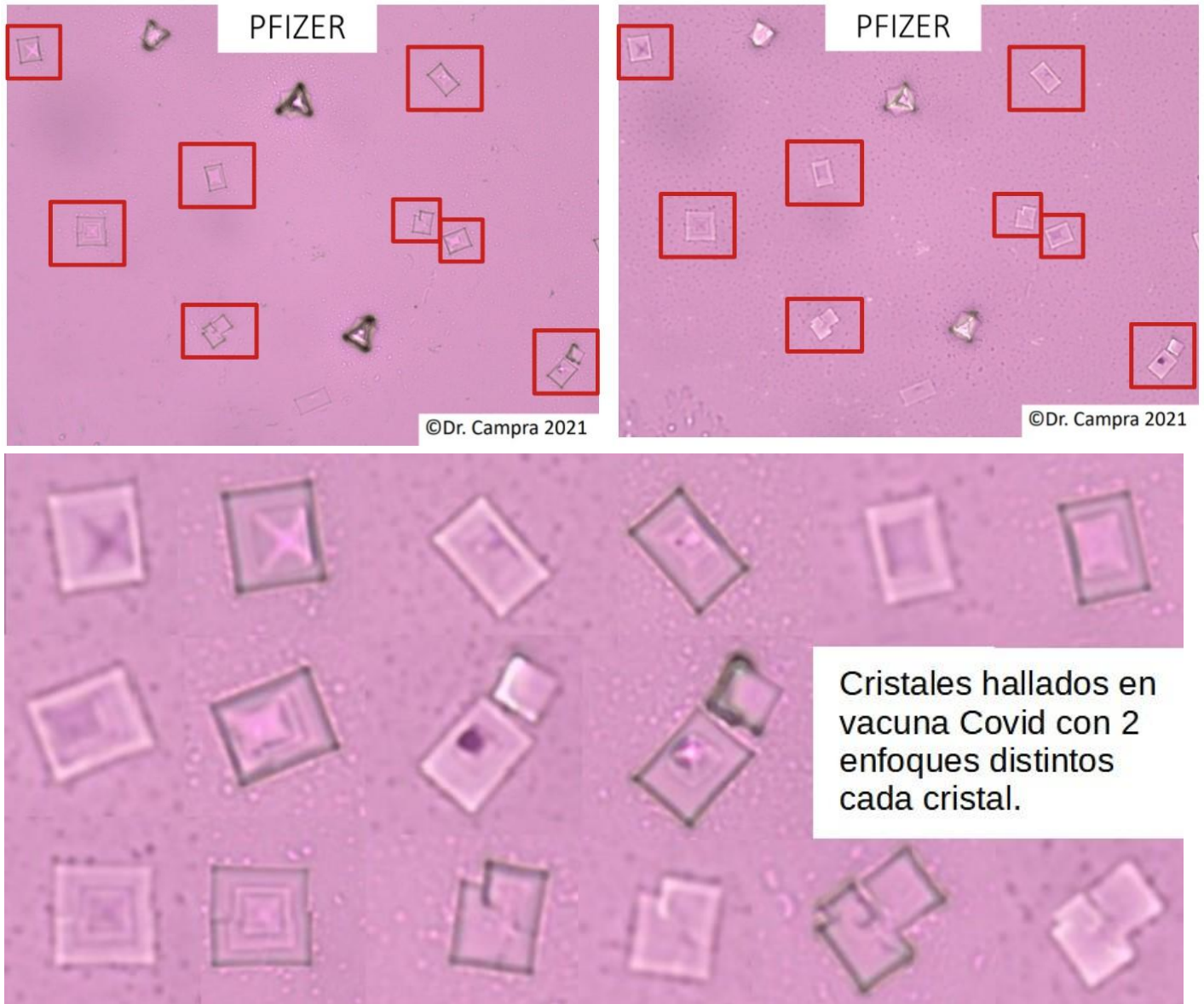


### Comparativa



Los elementos hallados -en adelante cristales- podrían ser cristales de sal.

Misma imagen con distinto enfoque



Parámetros básicos de la estructura visual de los elementos:

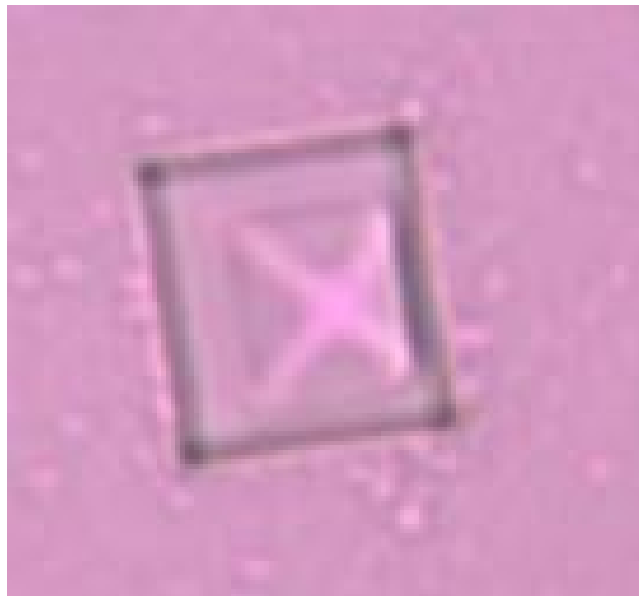
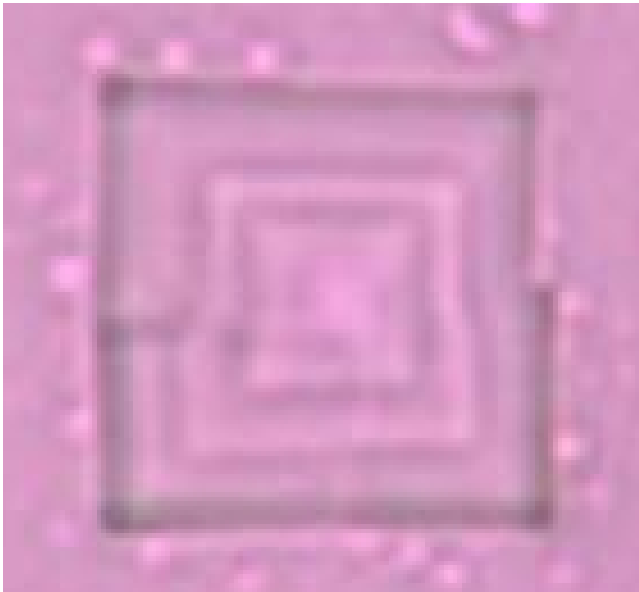
- Formas cuadrículas
- Apariencia de papel, cristal, o polímero
- Estructura con apariencia de placas plana
- Transparencia o semi-transparencia
- Apariencia de marco alrededor en la estructura translúcida como “marcos de fotos”
- Cuadrados y rectángulos unos dentro de otros en forma fractal como “ventanas dentro de ventanas” o “dianas cuadradas”.
- Estructura de apariencia sólida o semi-sólida
- Acoplamientos autoensamblados de 2 o más placas
- Grietas, rajadas, con apariencia de “canales” o “raíles”, líneas interiores con apariencia de circuitería



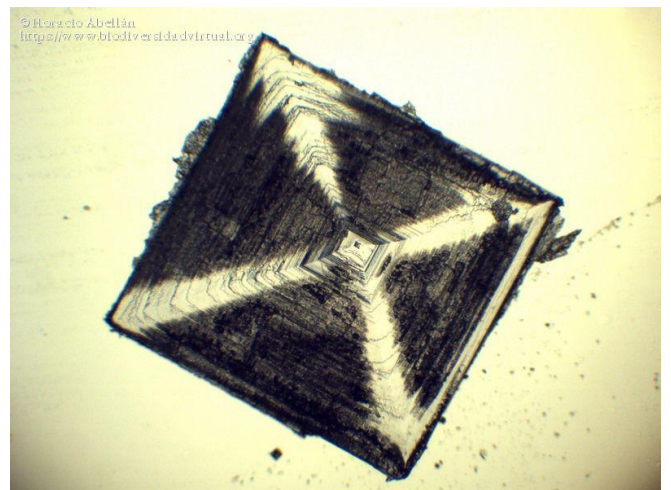
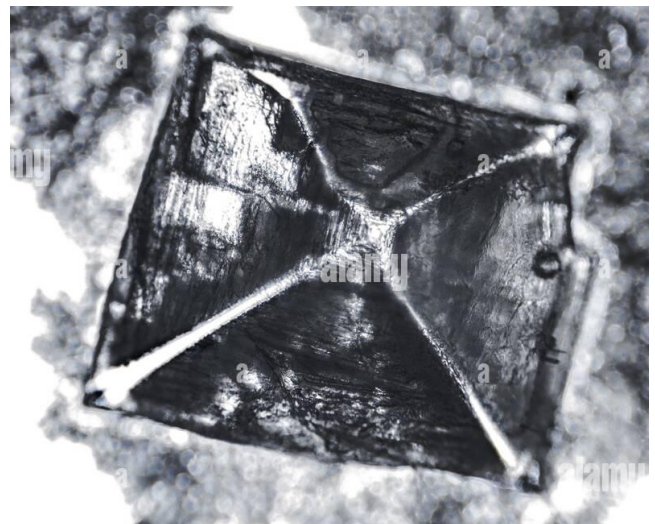
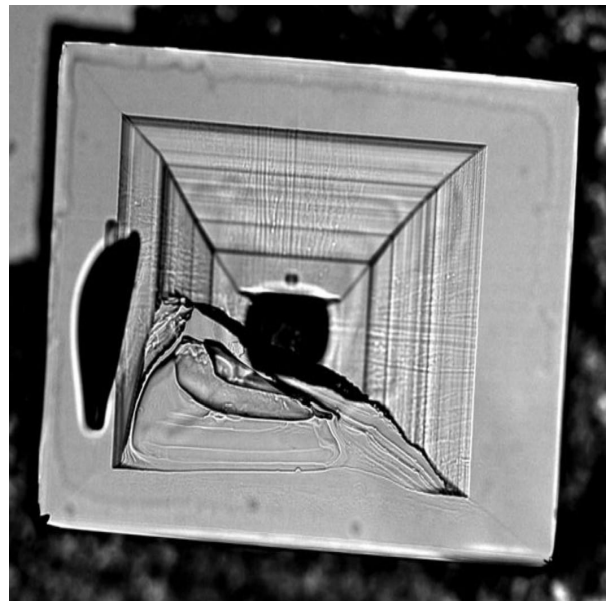
Al igual que los cristales anteriores, estos también podrían ser cristales de sal. En la Parte 2 también serán comparados con biochips microfluídicos plasmónicos.

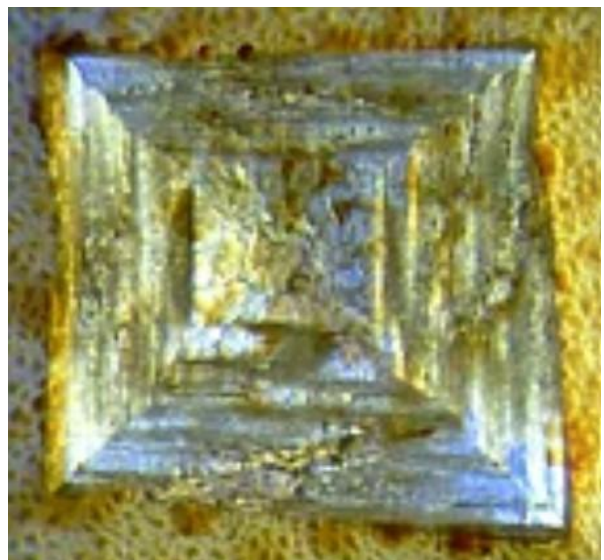
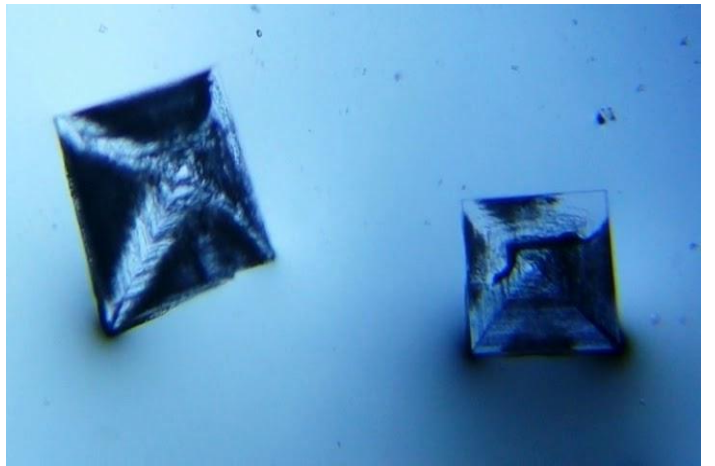
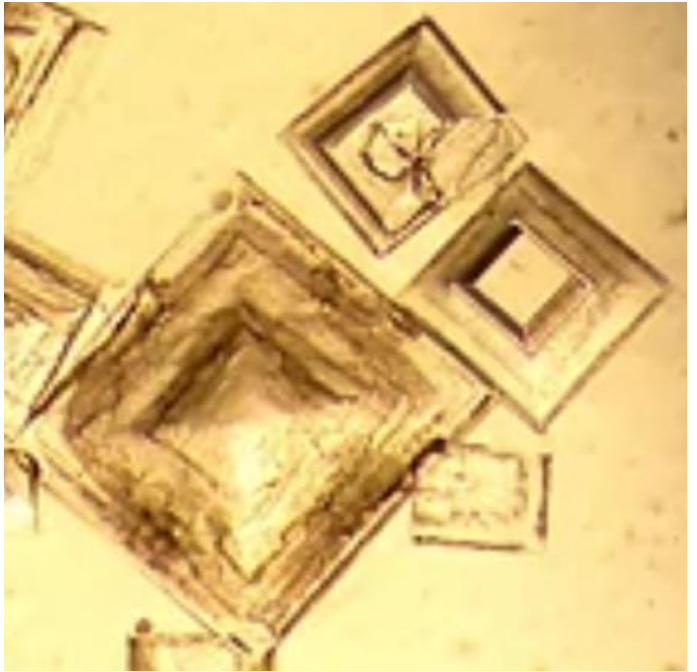
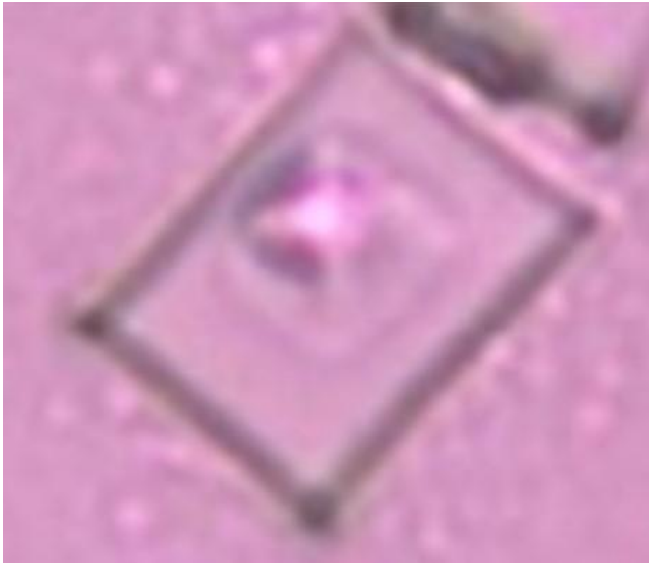
Hagamos un repaso de los cristales mostrados en comparativa visual con cristales de sal.

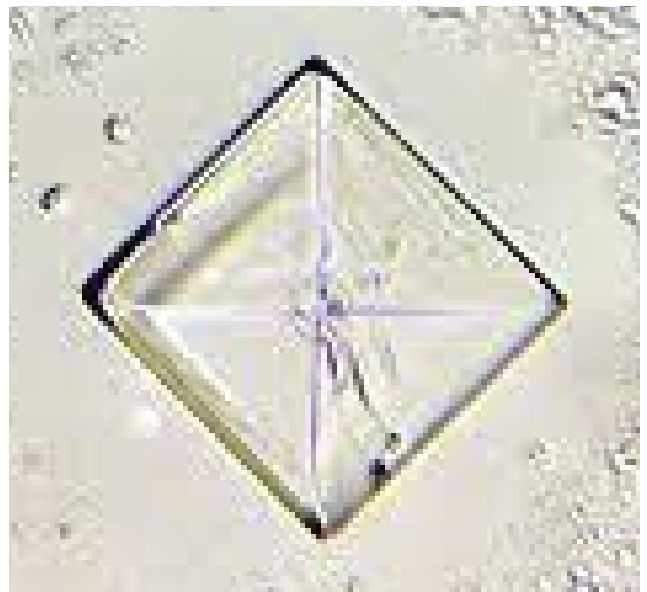
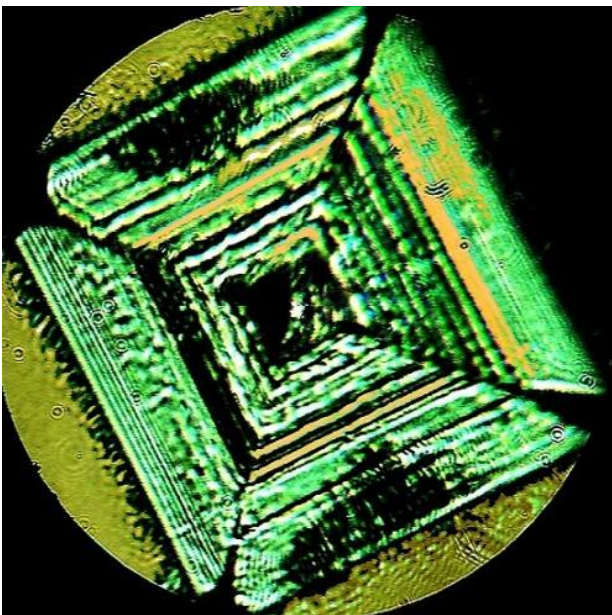
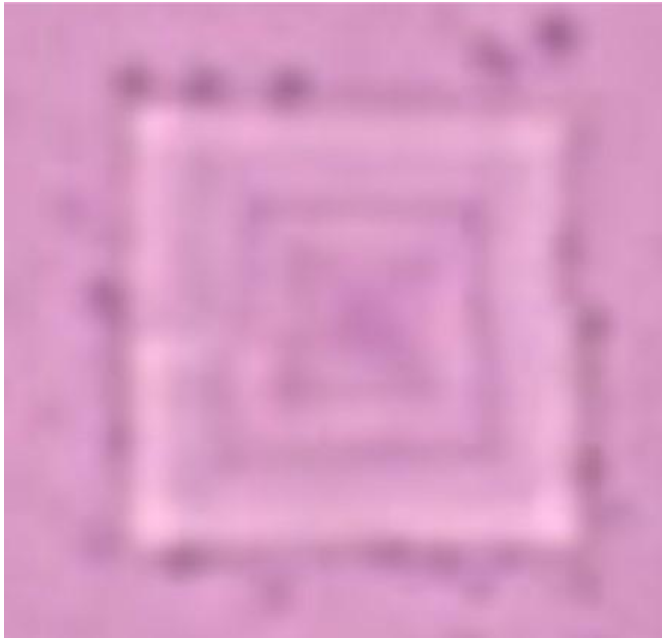
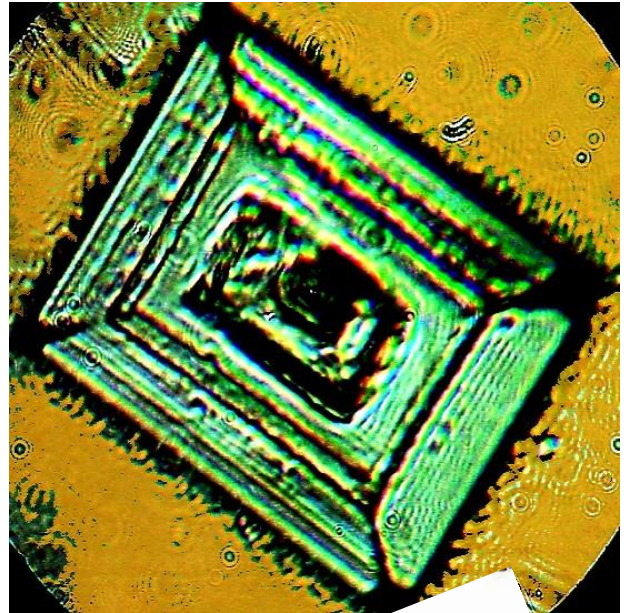
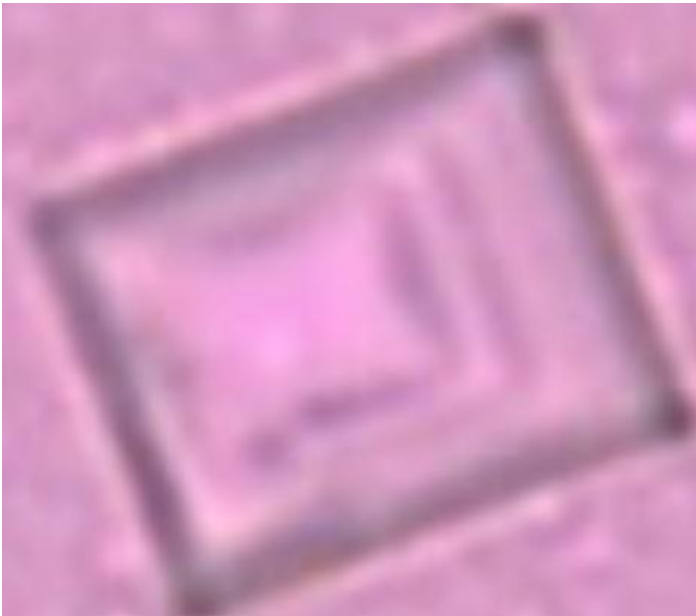
**Vacuna Covid**



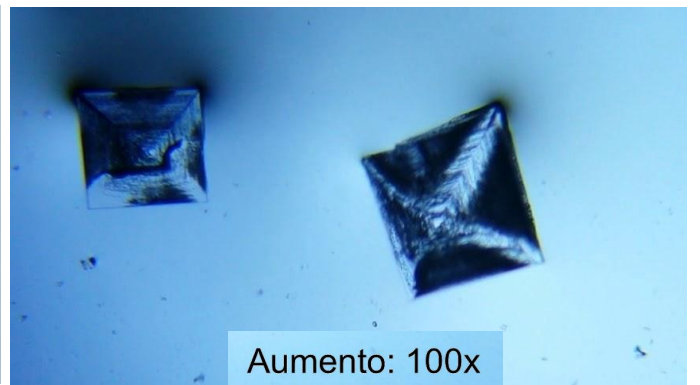
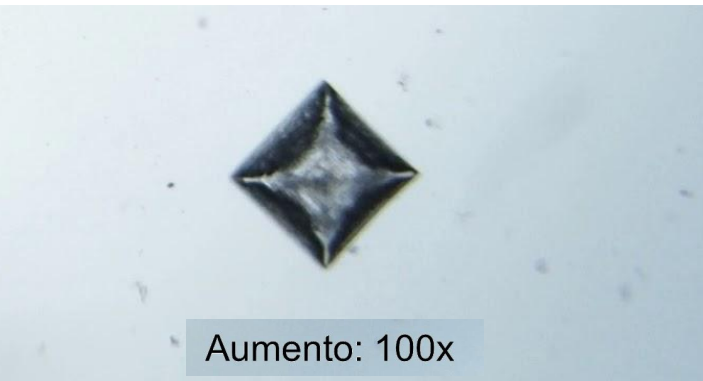
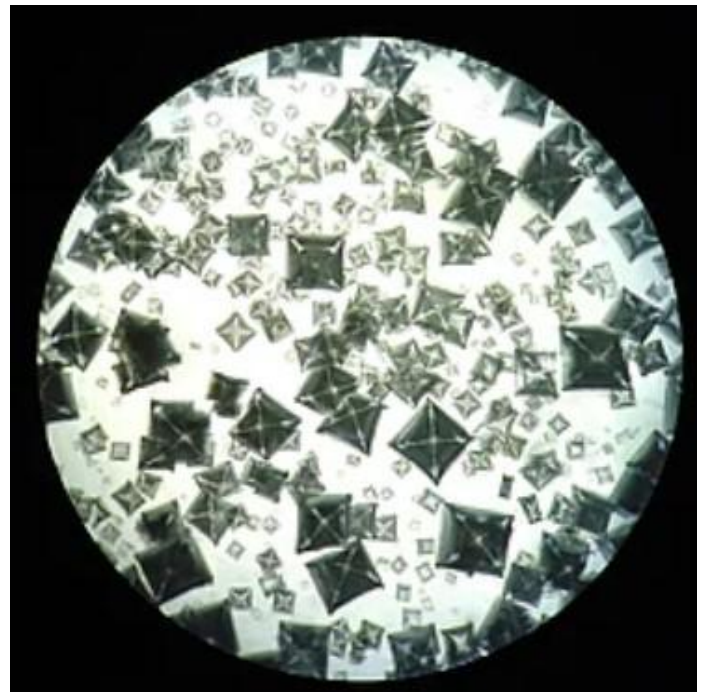
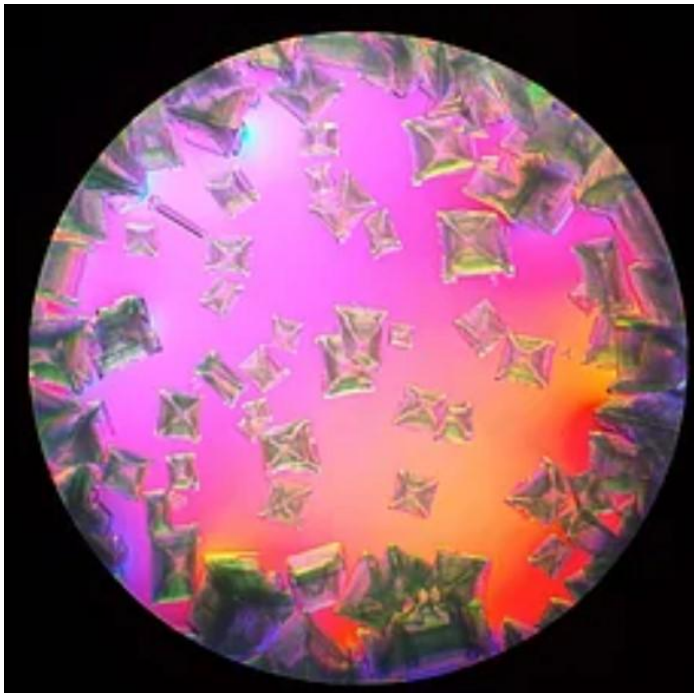
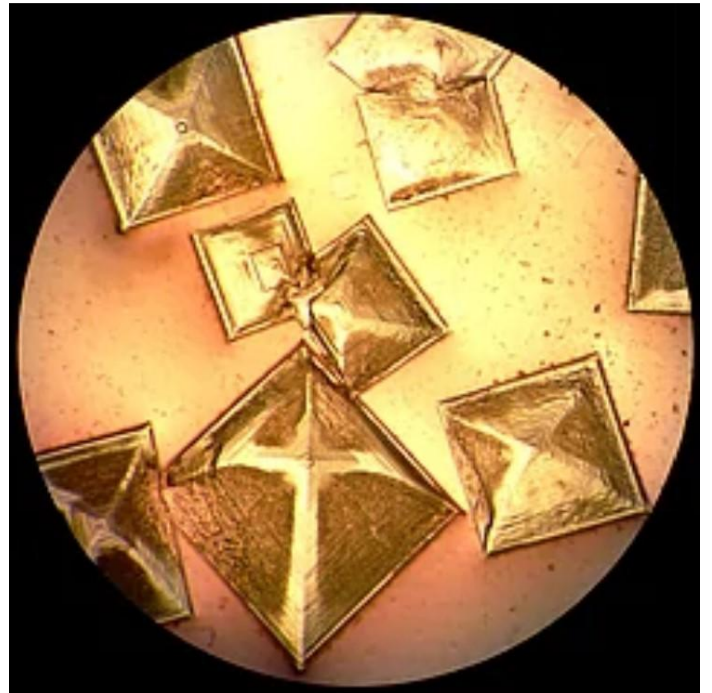
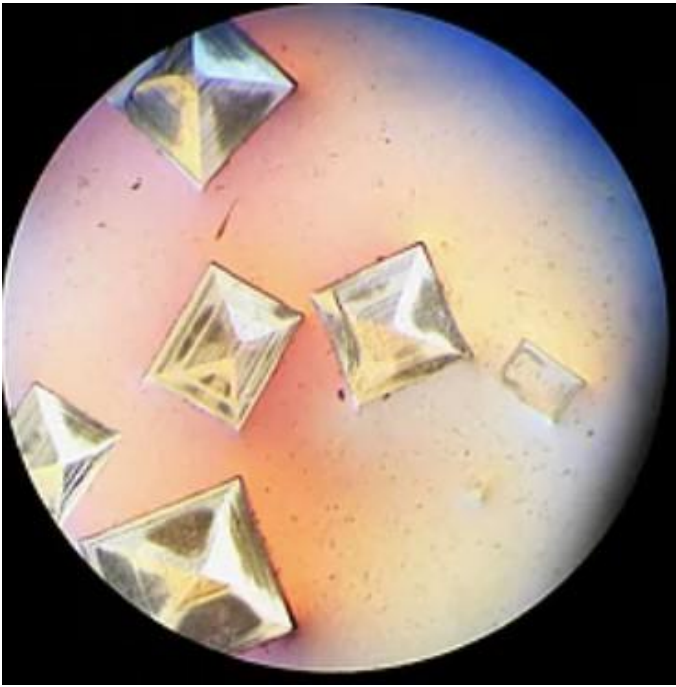
**Cristales de sal**

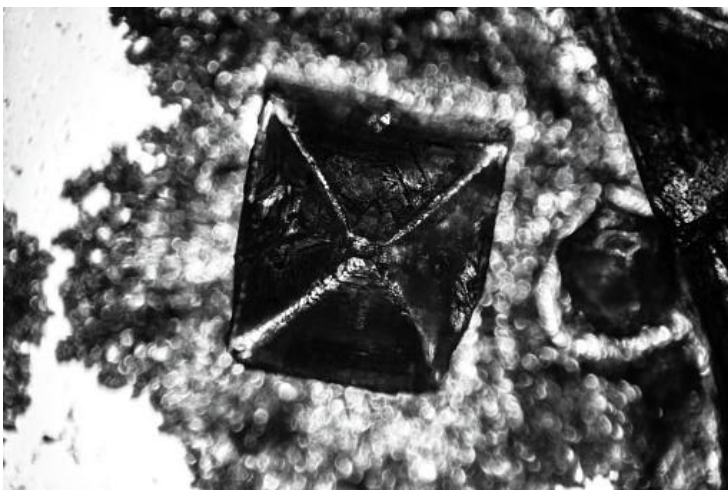
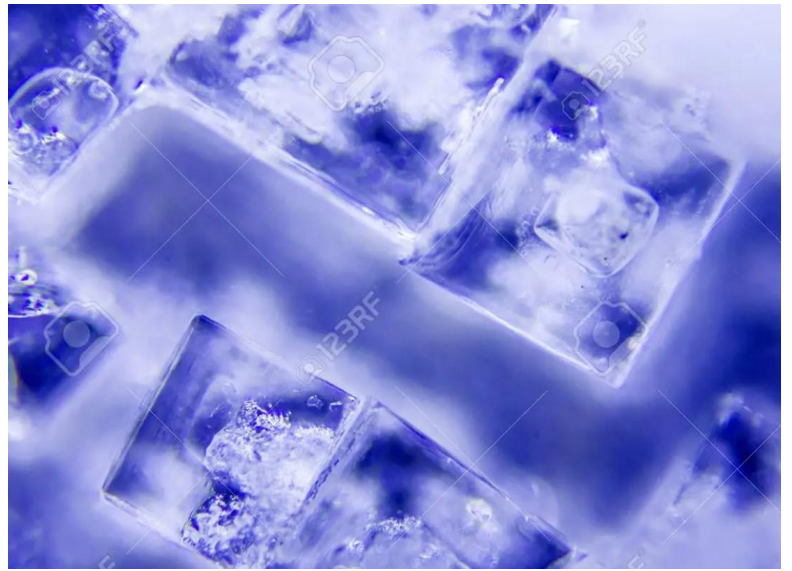




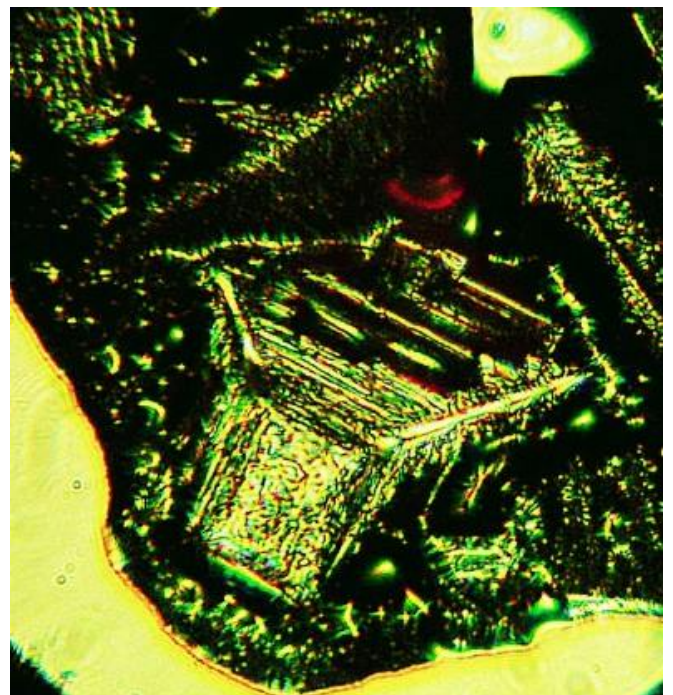
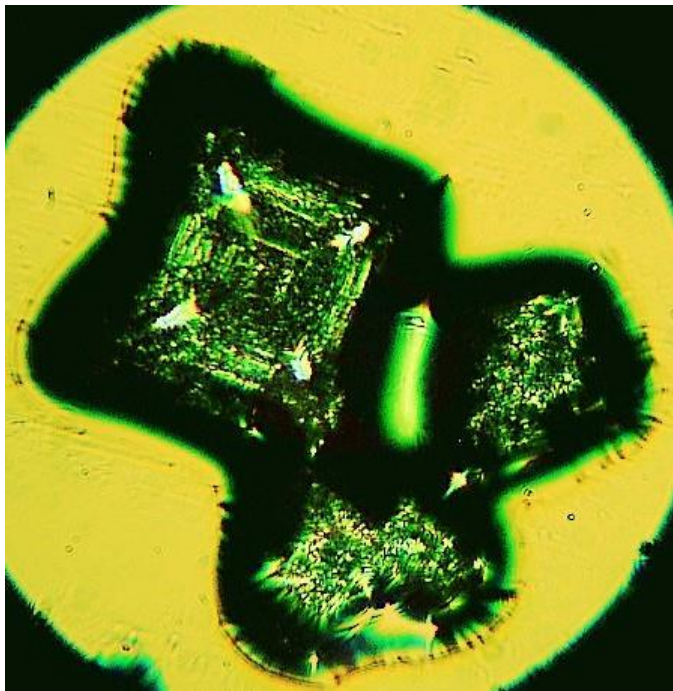


Más imágenes de cristales de sal

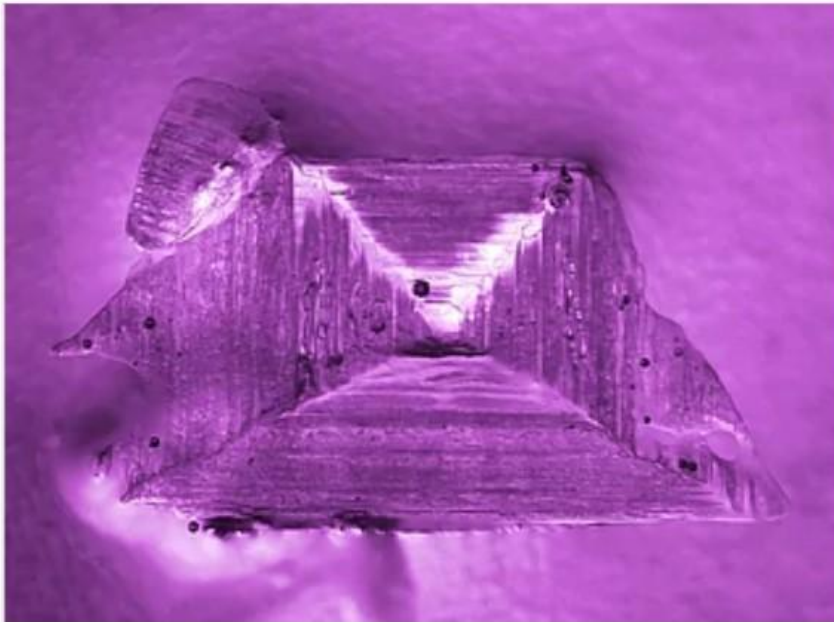




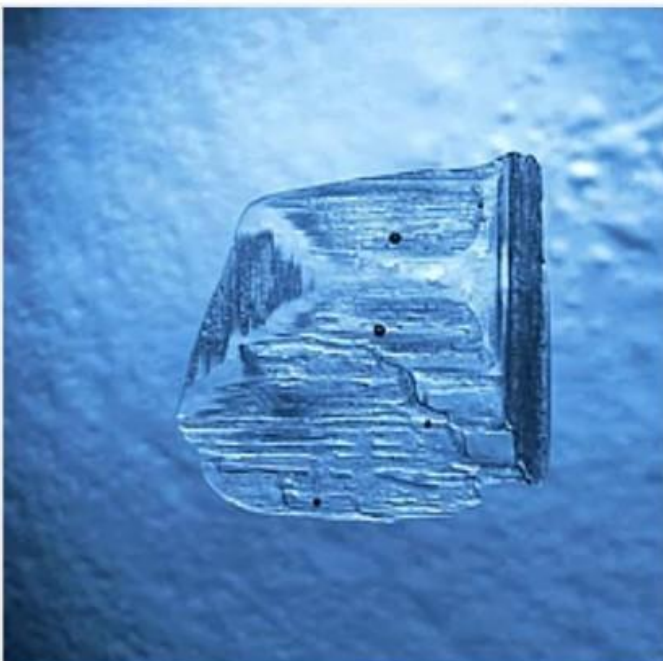
**Cristales de sal y azúcar (juntos).. Aumento 200x**



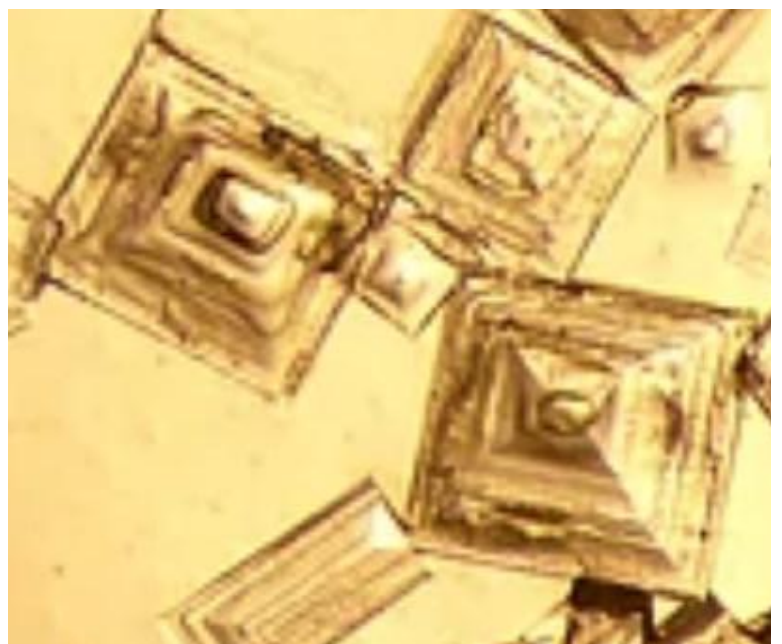
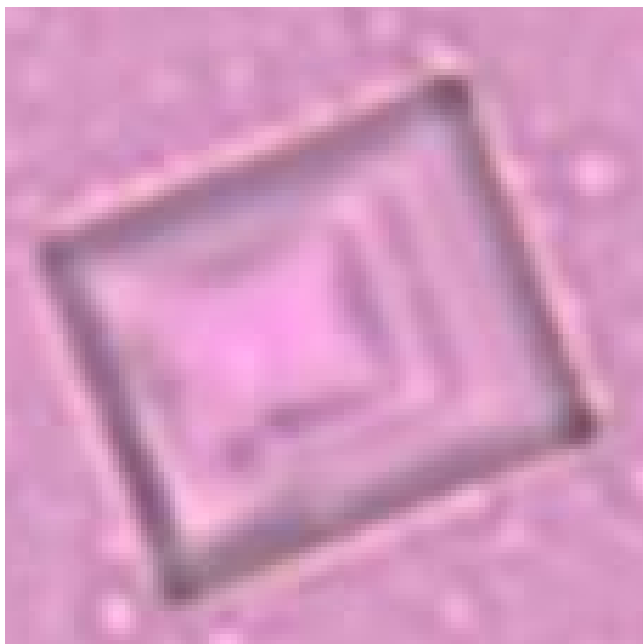
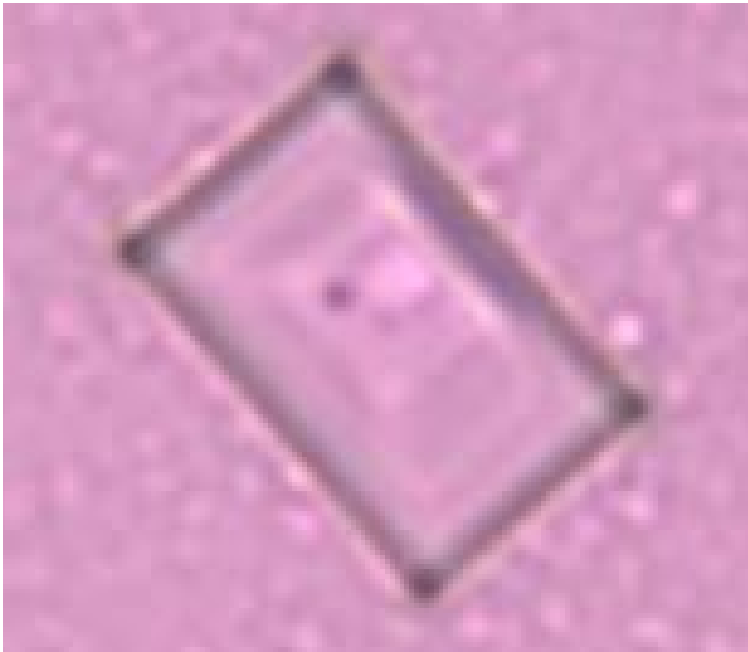
Más tipos de cristales de sal. (Obsérvese el “punto” o “puntos” interiores).  
Forma de “X”



Forma de “Y”

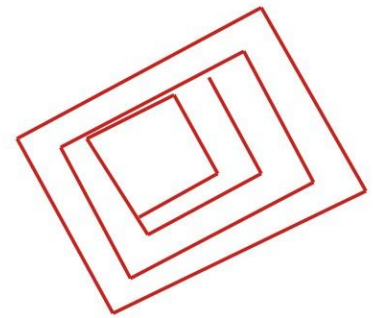
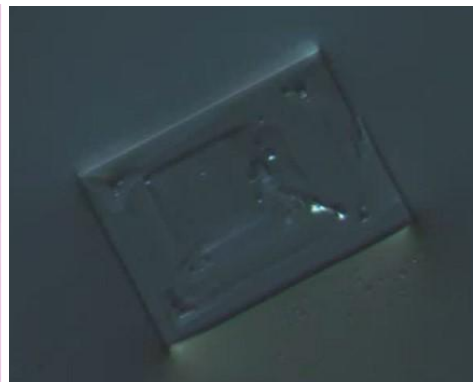
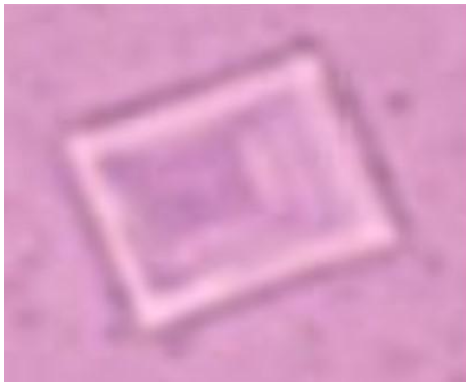


## Forma de “pirámides”, “ventanas dentro de ventanas” y “dianas cuadradas”



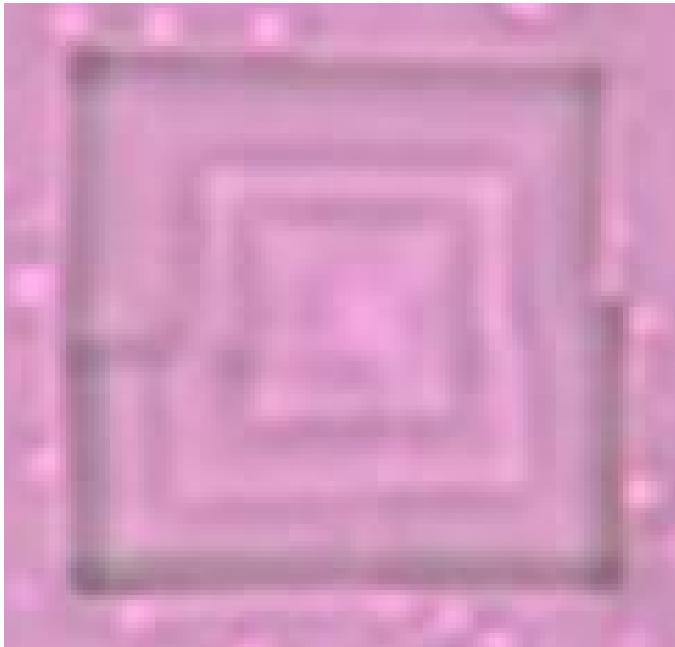
En este cristal (imagen de encima) se puede observar con mucha claridad la forma de “pirámide”, con las diagonales o forma de “X” con cuadrado interior central y cuadrados fractales, como “dianas cuadradas”, y el punto/cuadrado central de la pirámide. **Depende de la luz y el enfoque se percibe más la “X” y la aparente forma piramidal, o se percibe más como ventanas cuadradas planas, ventanas dentro de ventanas con marcos o “dianas cuadradas”.**

En este cristal (abajo izquierda, mismo que el anterior pero con otro enfoque) se puede apreciar el cambio. Y en el cristal de su derecha (otro cristal distinto, de otra muestra de vacuna Covid) se puede ver la misma forma después de lo que parece ser haber pasado por un proceso de secado o evaporación de la muestra.



### **Cristales con formas de “ventanas y marcos” o “dianas cuadradas”**

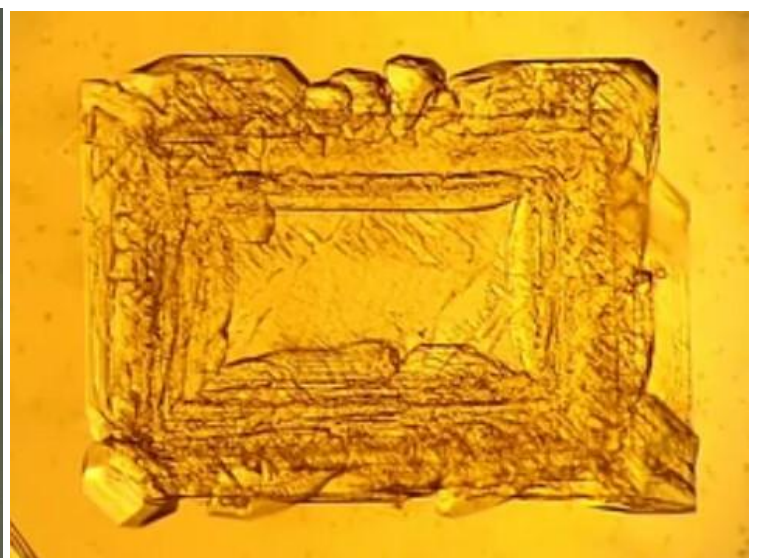
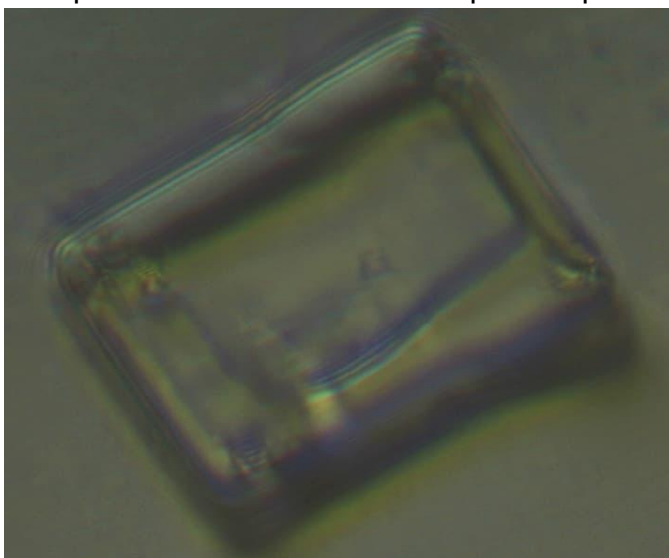
**Cristales vacuna Covid**



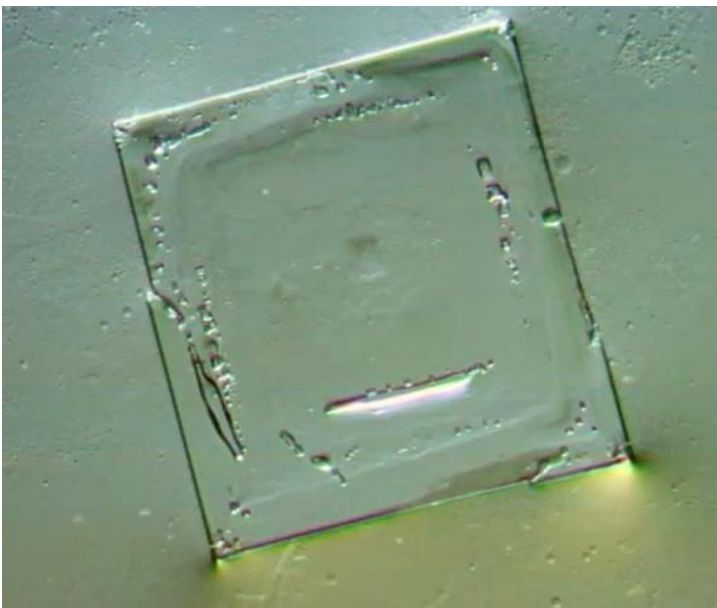
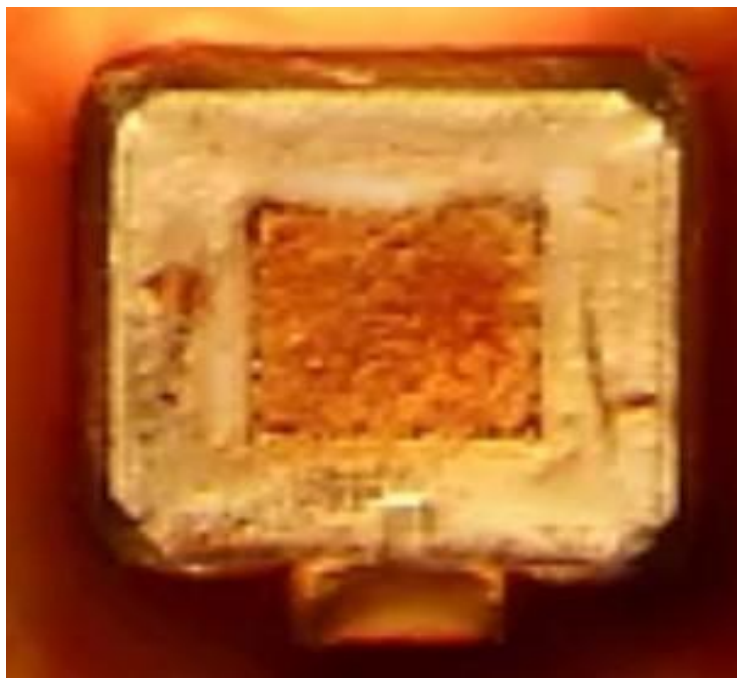
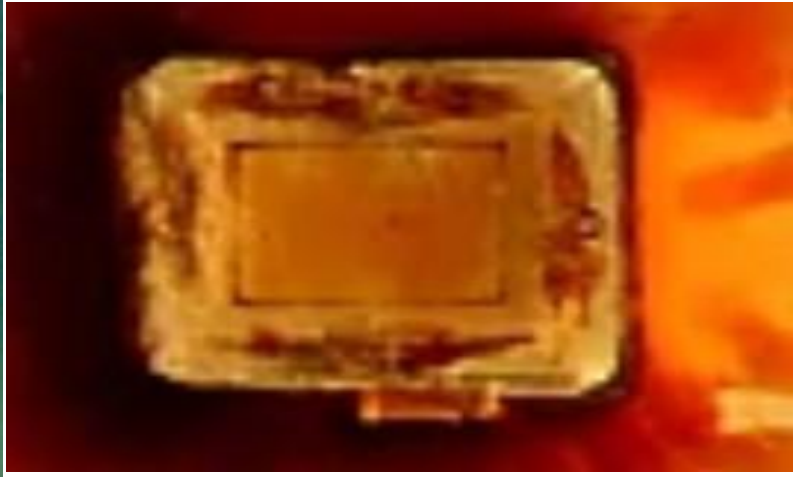
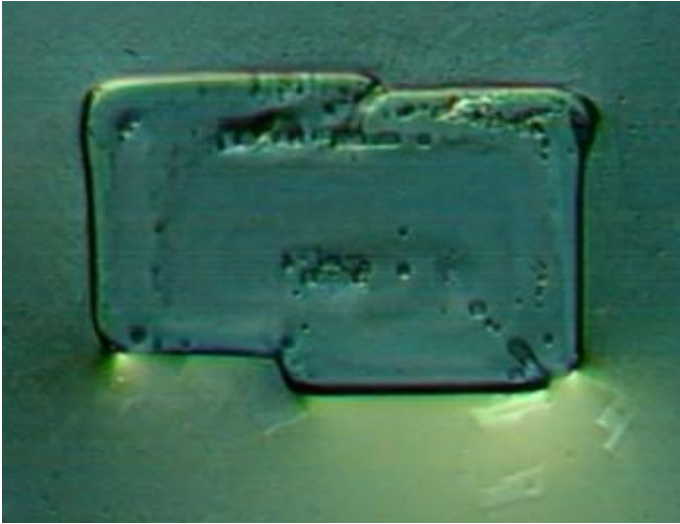
**Cristales de sal**



Los siguientes cristales de vacunas Covid (fondo transparente) también parecen haber pasado por un proceso de secado, o evaporación de la muestra a analizar, ya que muestran signos de absorción. Algunos empiezan a mostrar pérdida de rectitud lateral y allanamiento en las esquinas. Entre otros detalles que compararemos más adelante.

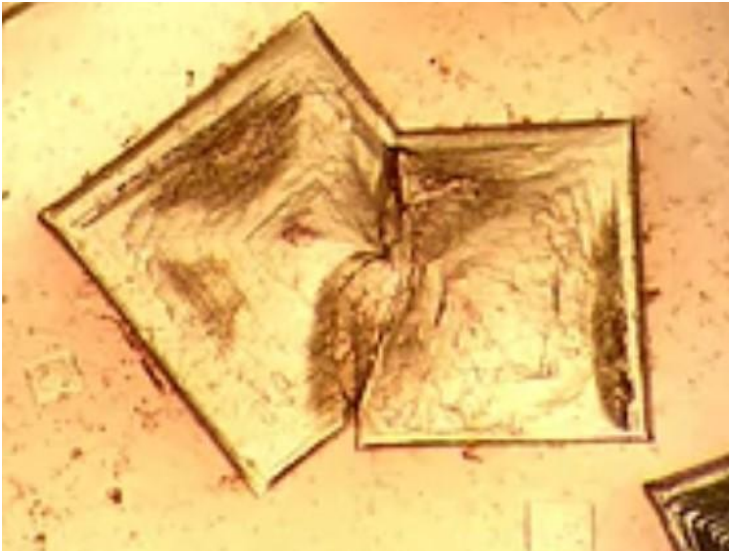




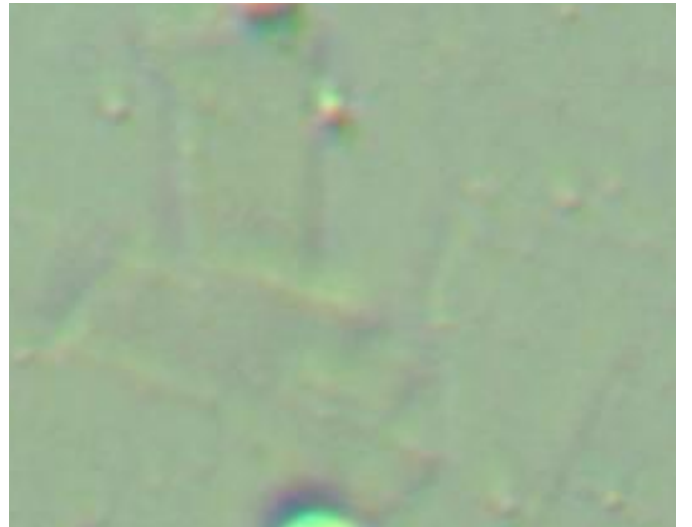
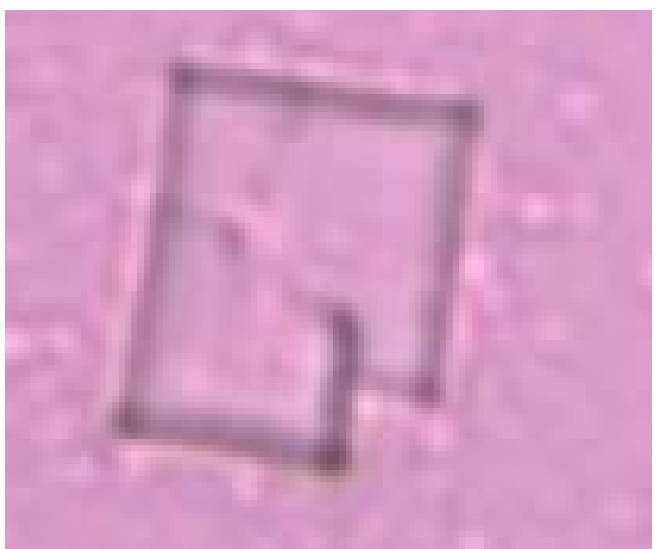
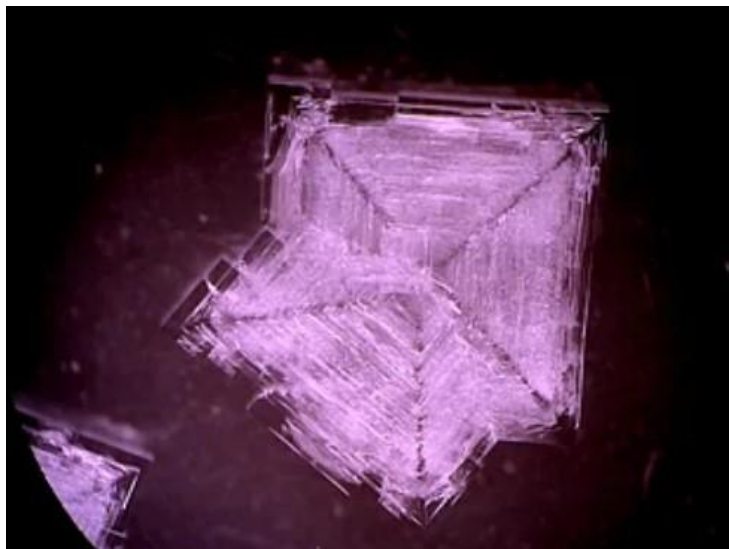
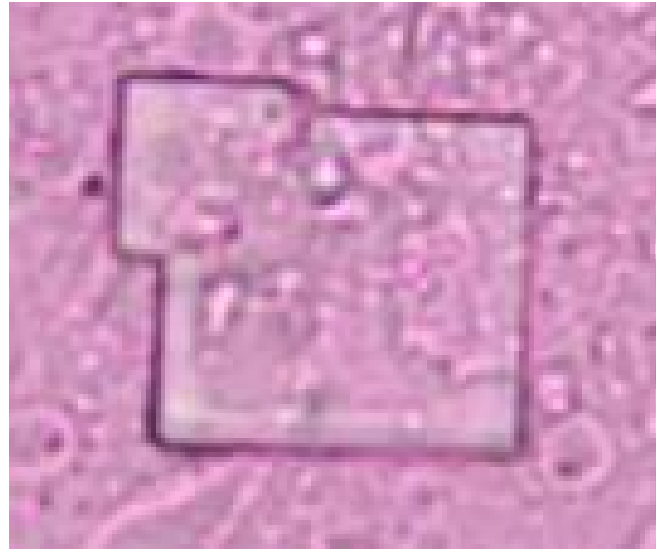


# Cristales mostrando acoplamiento

Cristales de sal

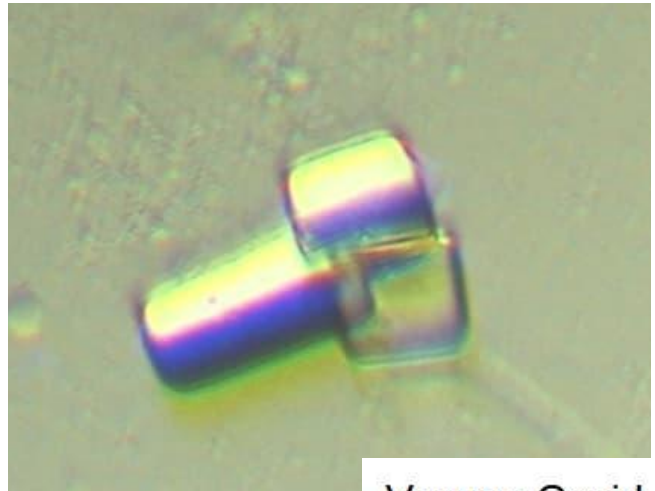


Cristales vacuna Covid



**Cristales estructurados acoplados con formas de “antena”**

**Cristales de sal con forma de “antena”**



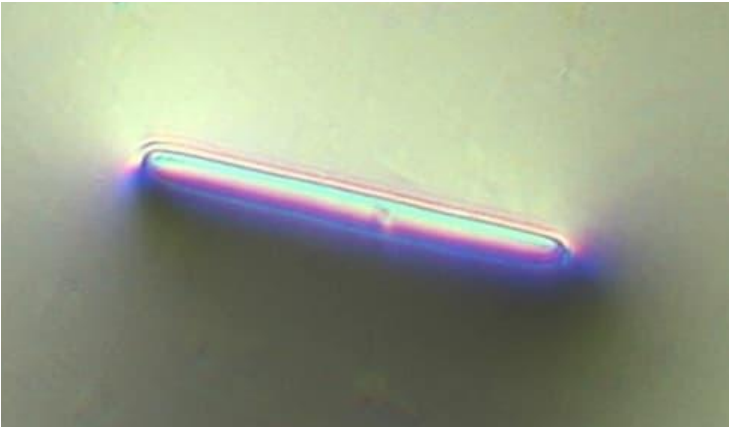
Vacuna Covid



## Cristales con formas de palo

(En ocasiones, los palos, pueden ser placas planas de lado)

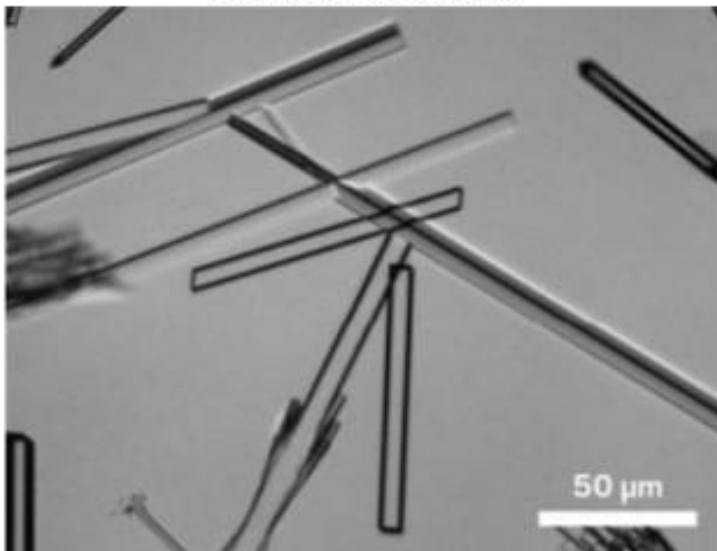
### Cristales vacuna Covid



### Cristales de sal



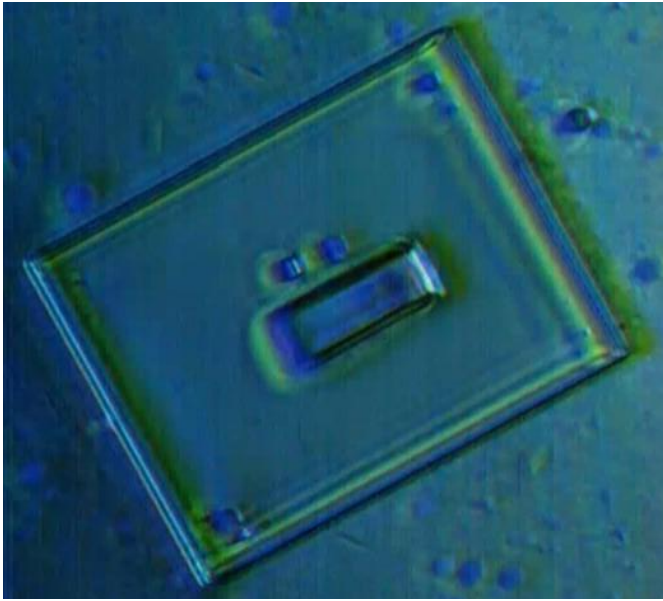
### Cristales de azúcar



## Apariencia de “sobre con fluido”

Los siguientes cristales hallados en vacunas Covid, dan la impresión de ser un “sobre con fluido”, y tener una microgota acumulada.

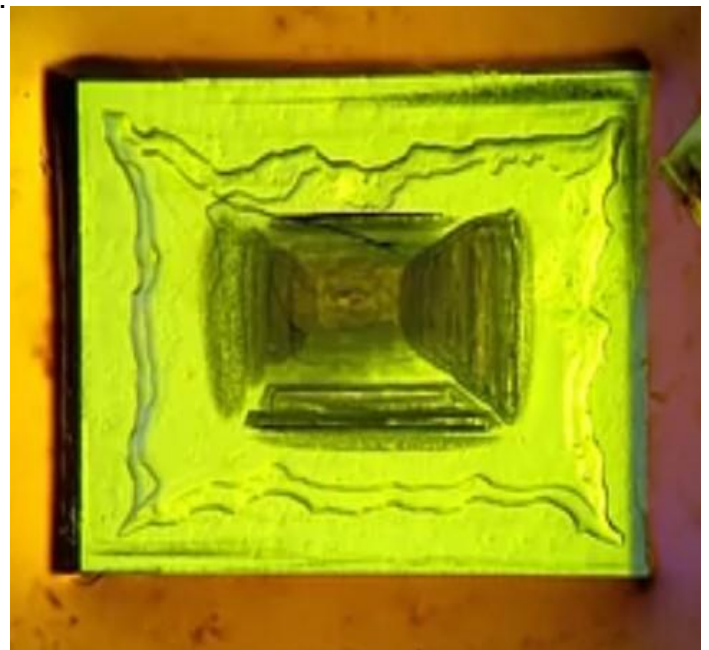
Imaginando el cristal con otro enfoque y con otra luz, podría ser un cristal de sal.



Los siguientes cristales muestran mismos rasgos; forma exterior cuadrada/rectangular, con marco interior de línea no-recta que dependiendo de la luz, el enfoque, y el estado del cristal, puede aparentar ser fluido esparcido en el interior, y gota microfluídica acumulada.

Fijémonos en la forma de “**sobre con fluido**”. Percibamos el contorno recto cuadrado exterior, y un sub-cuadrado interior con línea no-recta, que confluye picando en las esquinas.

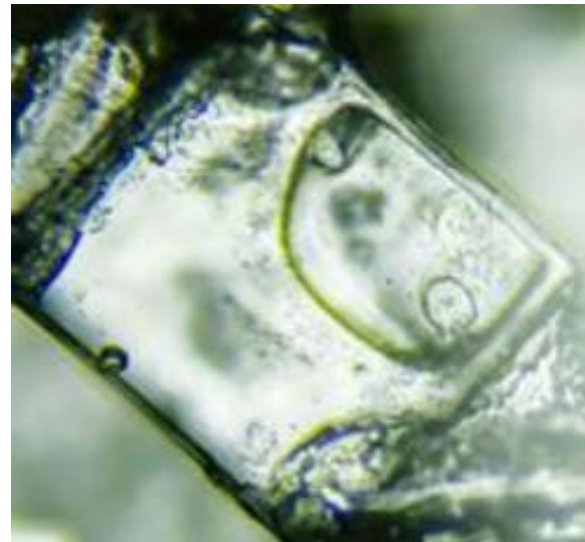
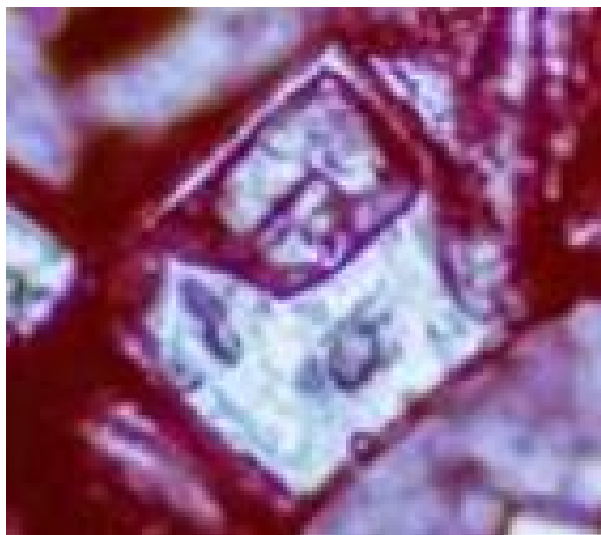
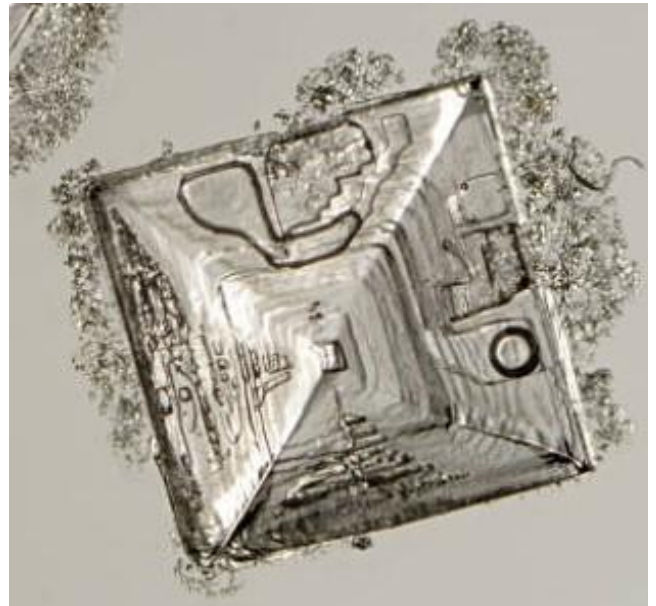
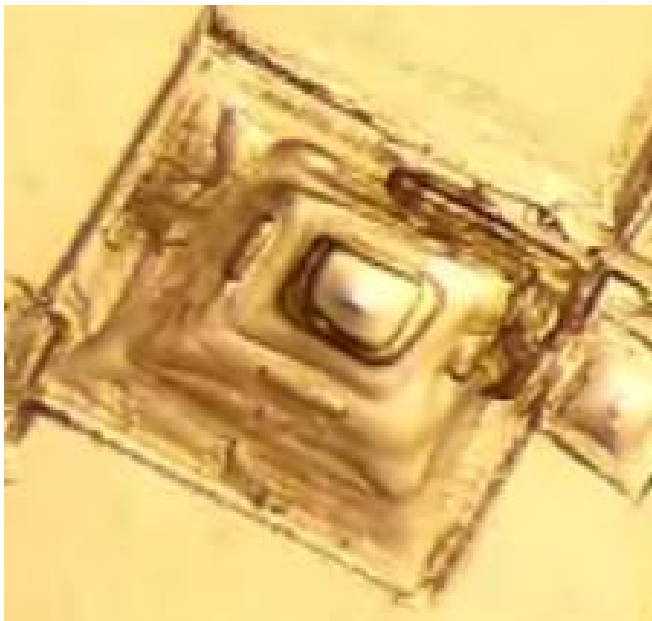
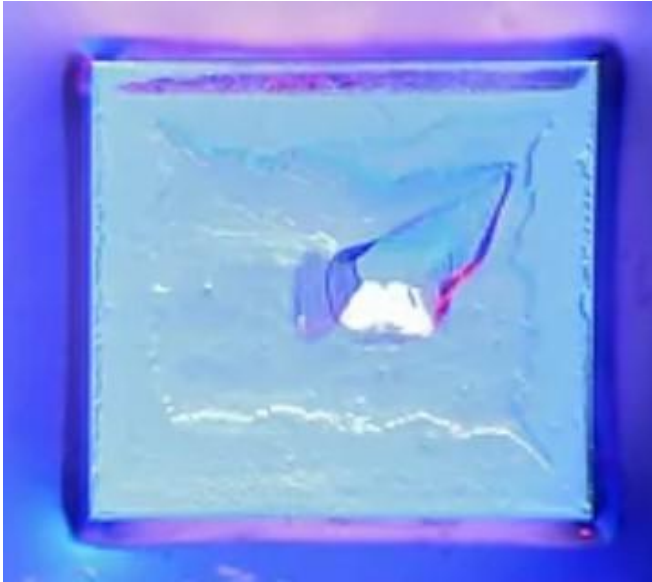
## Cristales de sal



El sub-cuadrado de línea ondulatoria no-recta, dentro del marco exterior del cristal, -con otro enfoque de luz- podría dar la apariencia de “sobre con fluido”. Y el cuadrado interior con distinta tonalidad podría dar la impresión de “microgota acumulada”.

## Apariencia de “gota microfluídica acumulada”

Observemos este cristal de sal. Podemos percibir marco exterior rectilíneo, sub-cuadrado interior de línea no-recta ondulatoria y confluyendo en picado hacia las esquinas, dando una posible apariencia de “sobre con fluido” (siempre dependiendo del enfoque y de la luz). Y, además, este cristal denota también en su estructura un quiebro, que podría aparentar ser en una fotografía a microscopio una “gota microfluídica acumulada” dentro del “sobre con fluido”.

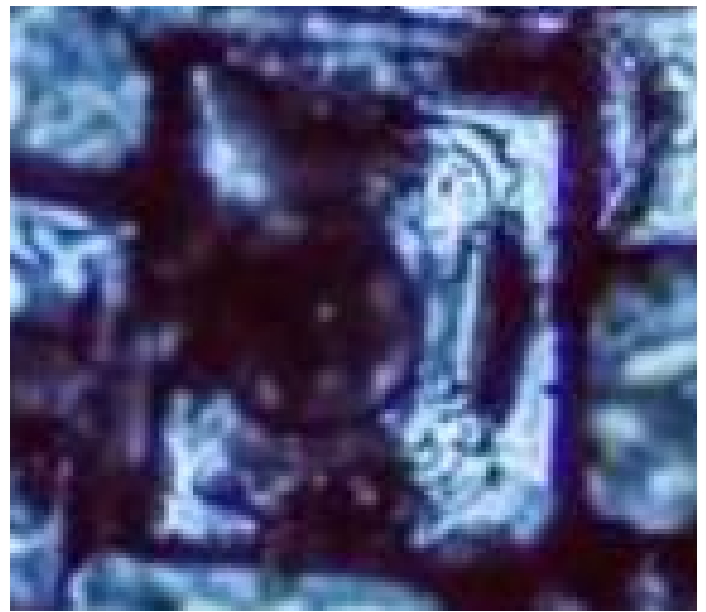
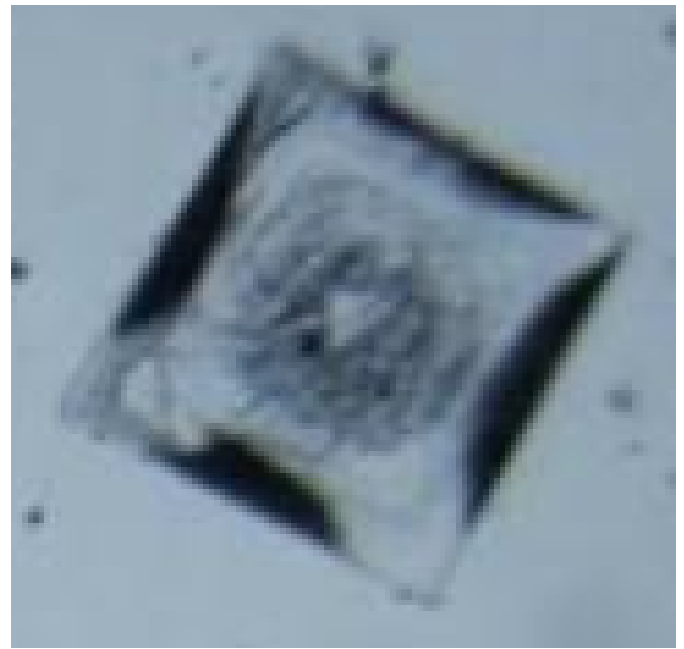


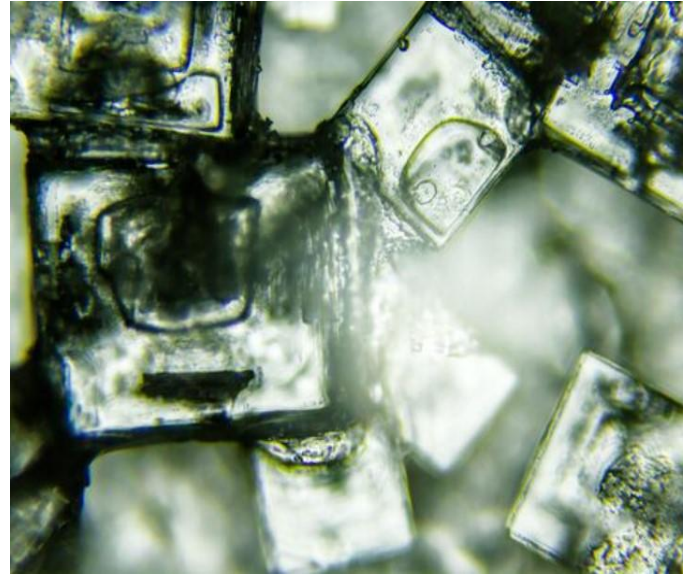
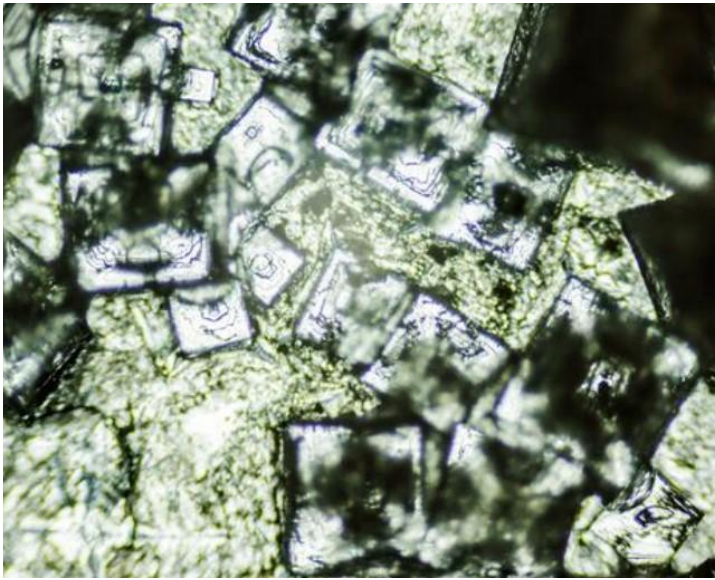
## Círculo interior y forma de “+” o “cruz” (cruz recta, y cruz cruzada)

A continuación fijémonos en 3 cosas:

1. La forma de “X” o “**cruz cruzada**” (en diagonales, de esquina a esquina). Se puede apreciar con mejor o peor claridad en el cristal dependiendo del efecto de luz. (Cruz como las ya mostradas anteriormente).
2. La forma de “+” o “**cruz recta**” (en transversales, cruz de arriba a abajo, y de derecha a izquierda). Se puede observar mejor o peor dependiendo también del efecto de luz recibido en el cristal.
3. El **círculo interior**. Fijémonos en cómo se puede percibir un círculo interior en los cristales, y una cruz en forma de “+” o “cruz recta”. Además de líneas en los laterales del cristal.

Comparémos cristales de sal con el siguiente cristal hallado en vacuna Covid (fondo rosa).

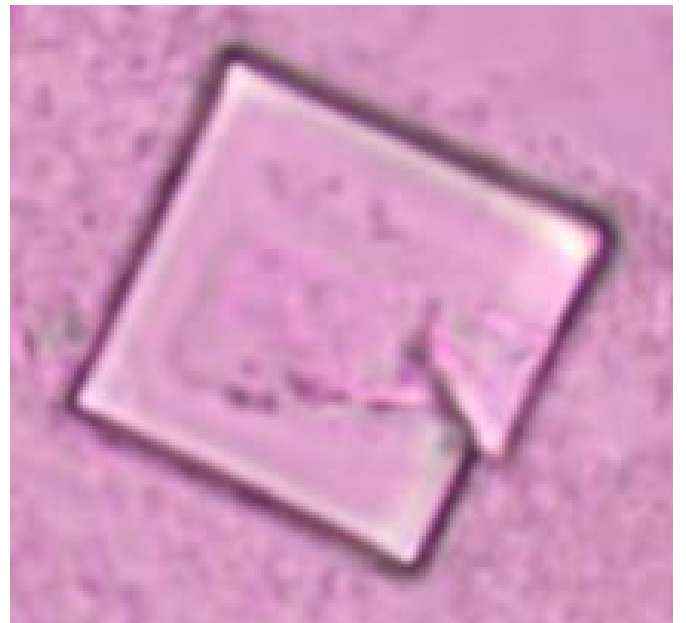
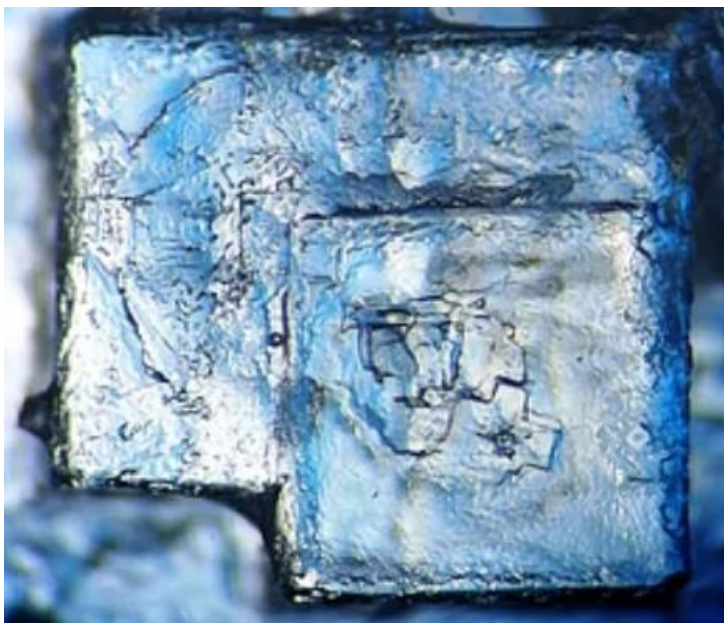
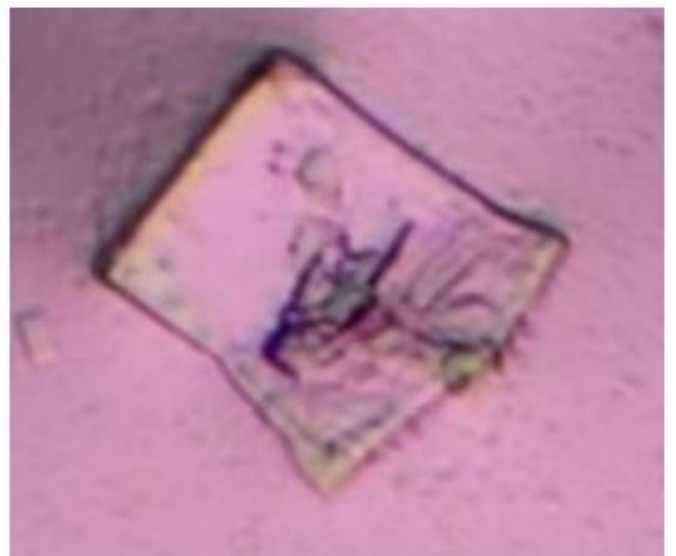
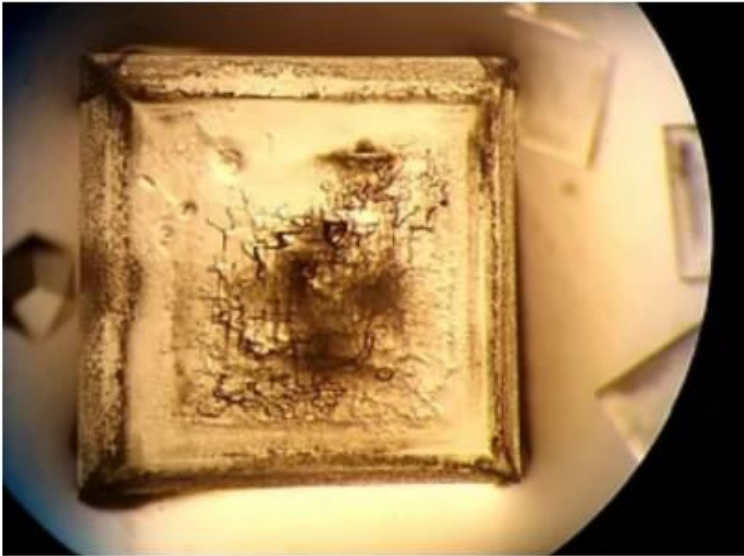




**Apariencia de microcircuitría interior**

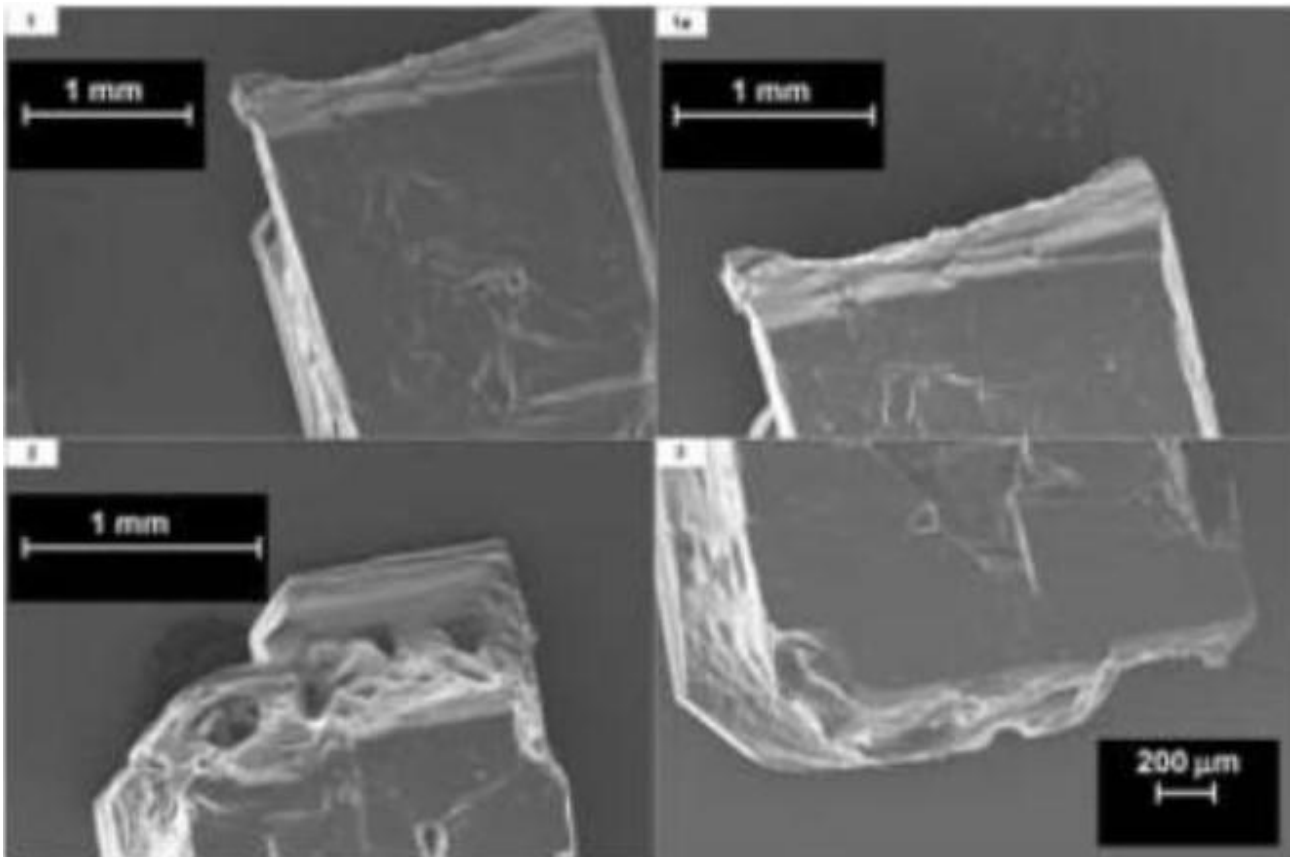
**Cristales de sal**

**Cristales vacunas Covid**

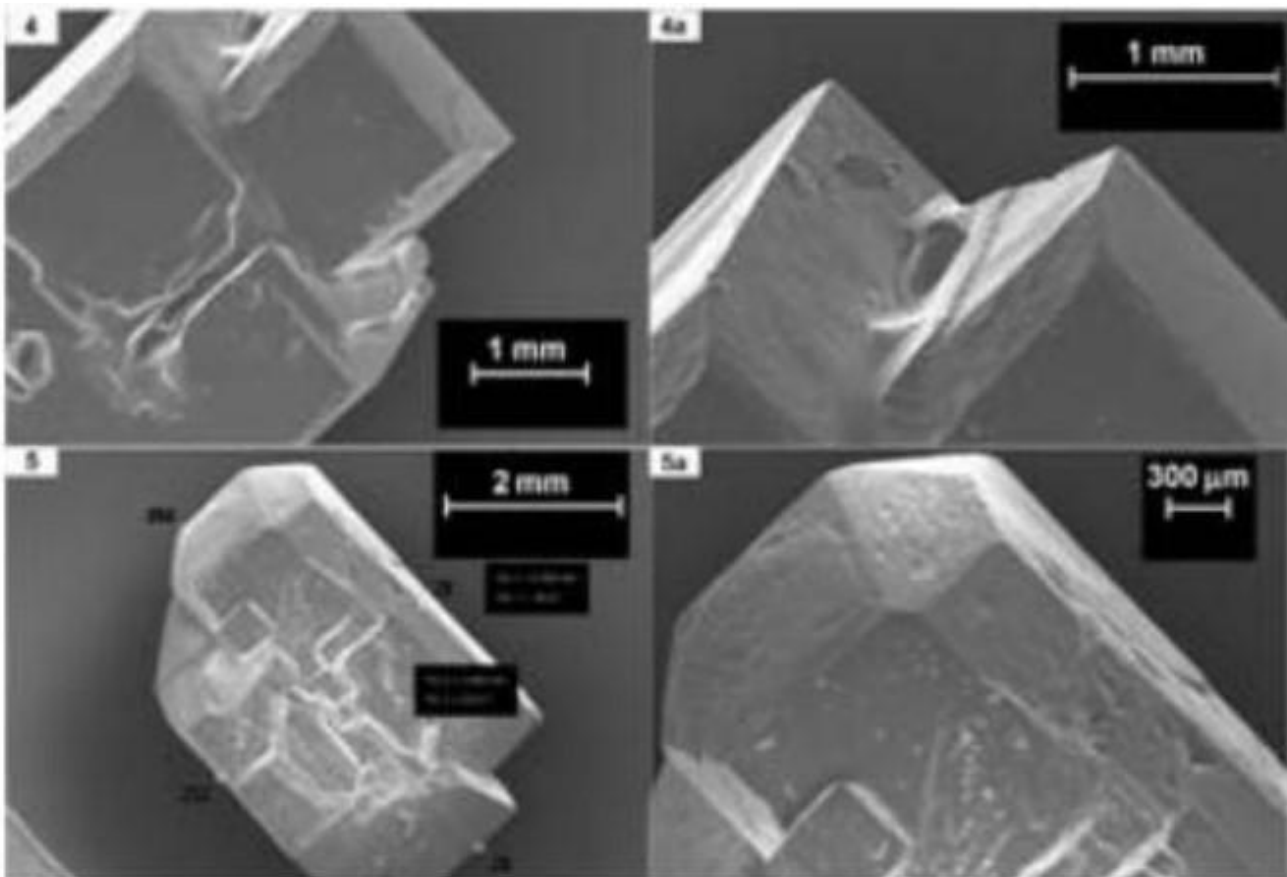




## Cristales de azúcar

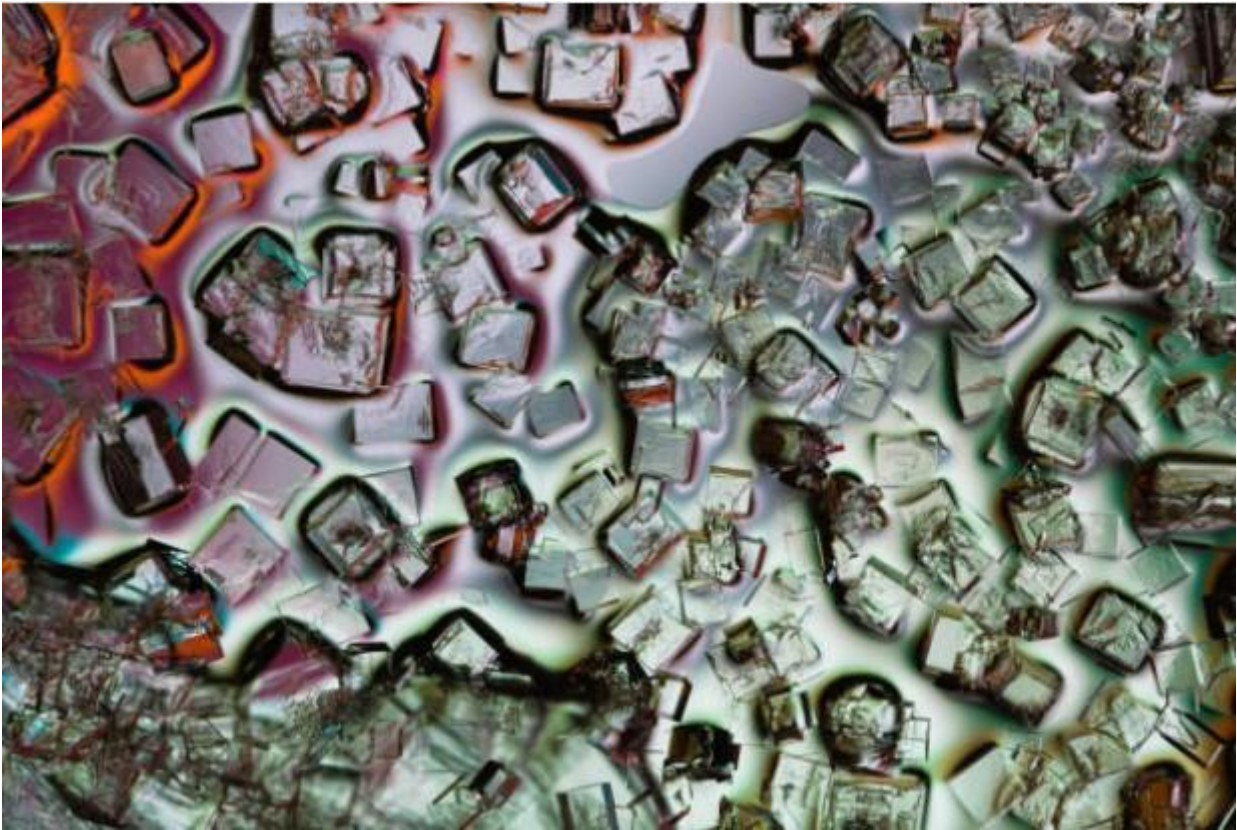


**Fig. 4** Imágenes de microscopía electrónica de barrido de cristales crecidos sin la aplicación de un campo magnético externo.



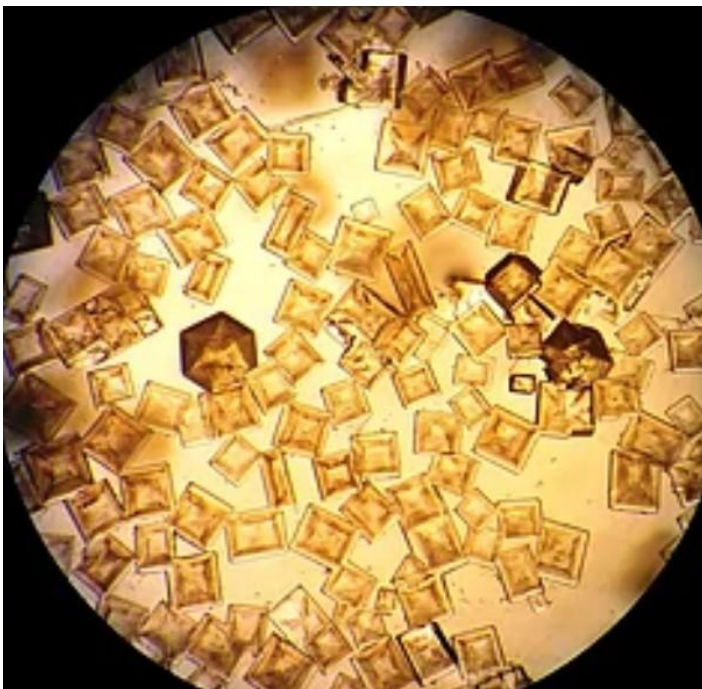
**Fig. 5** Imágenes de microscopía electrónica de barrido de cristales crecidos con la aplicación de un campo magnético externo.

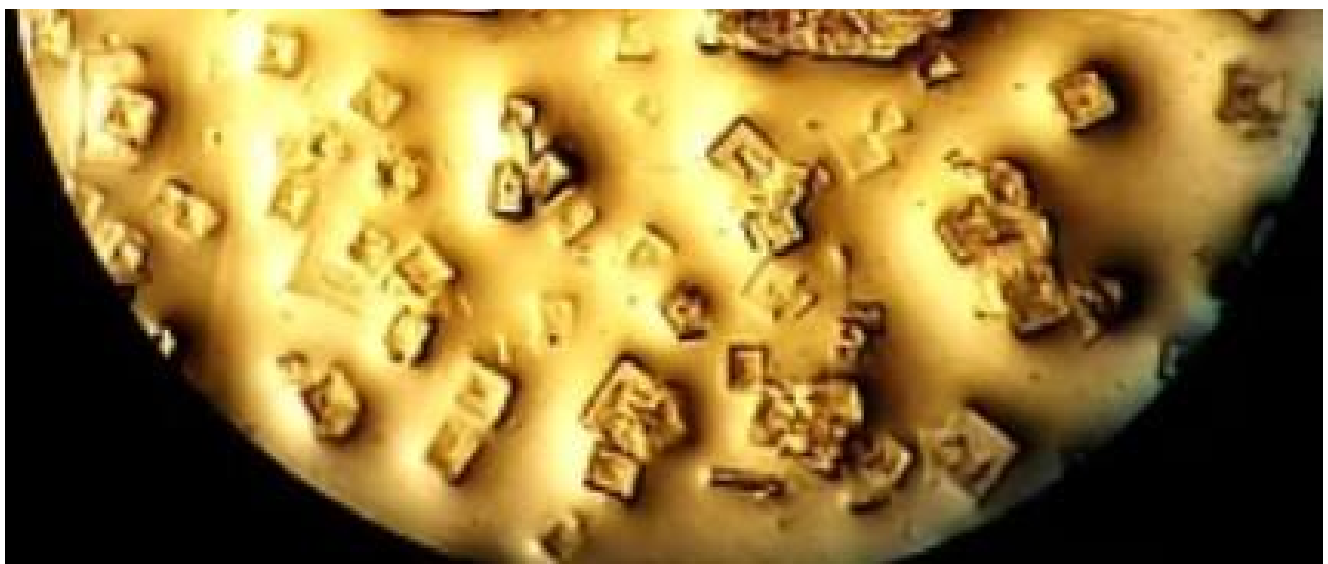
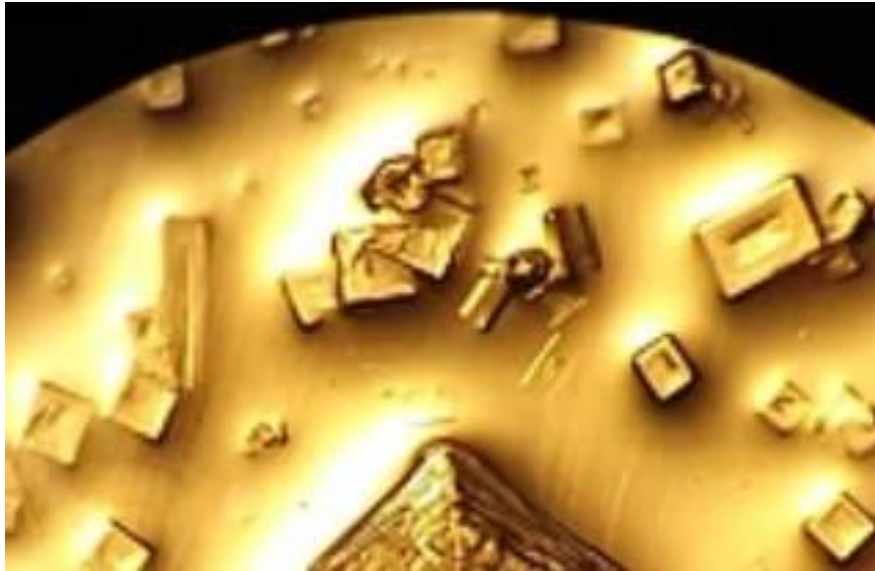
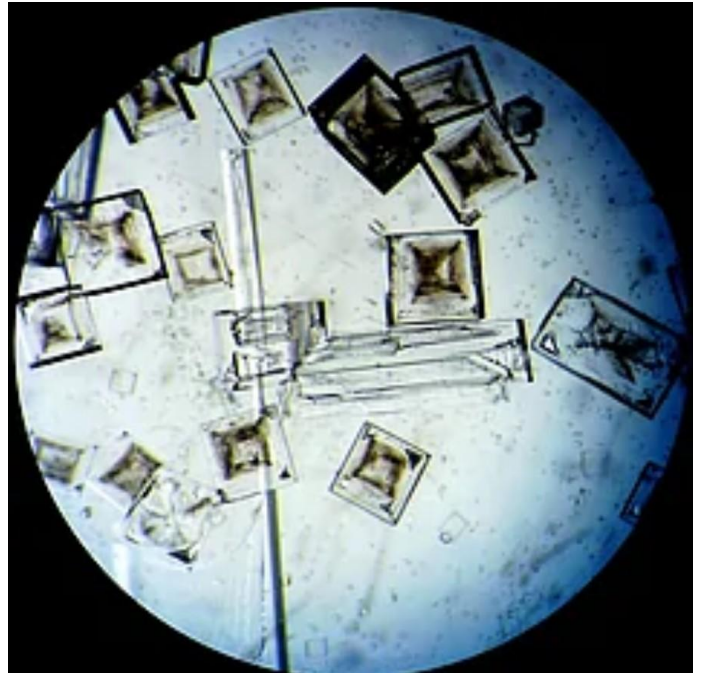
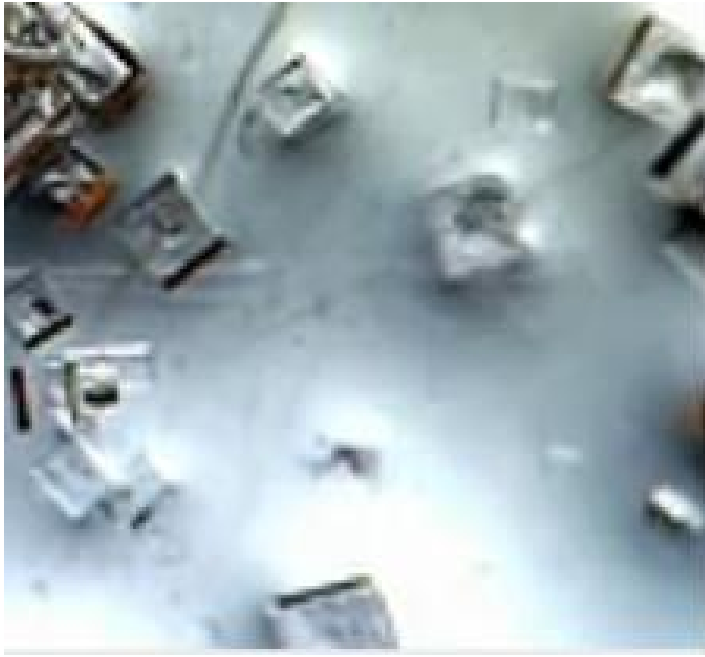
## Cristales de sal

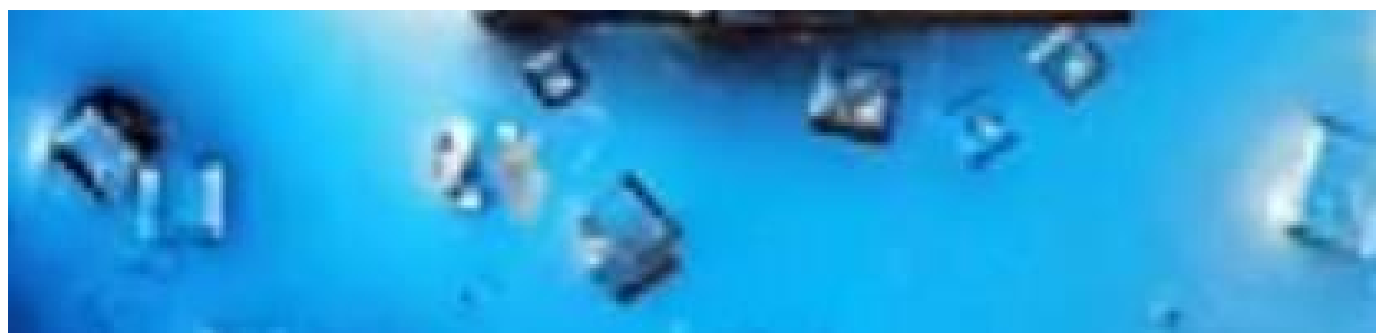
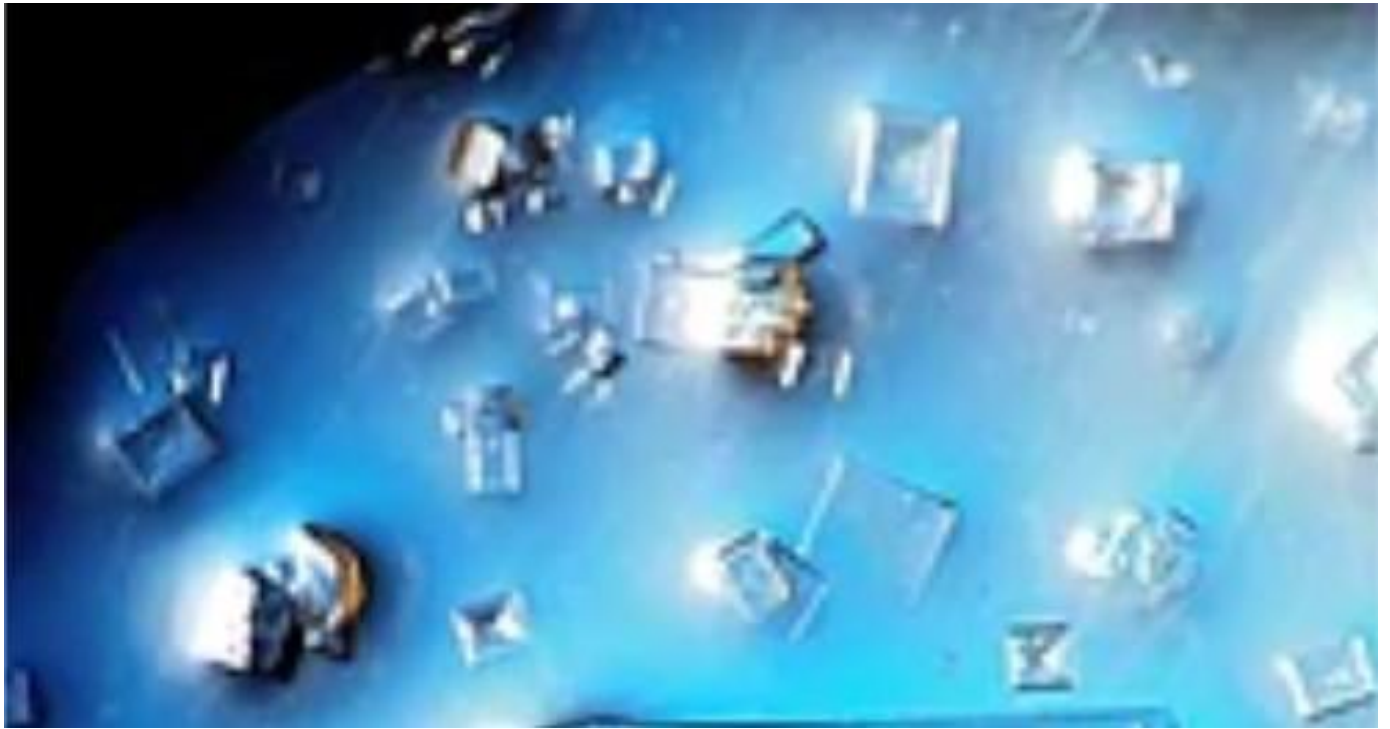


### Hendidura plana absorbida con marco alrededor

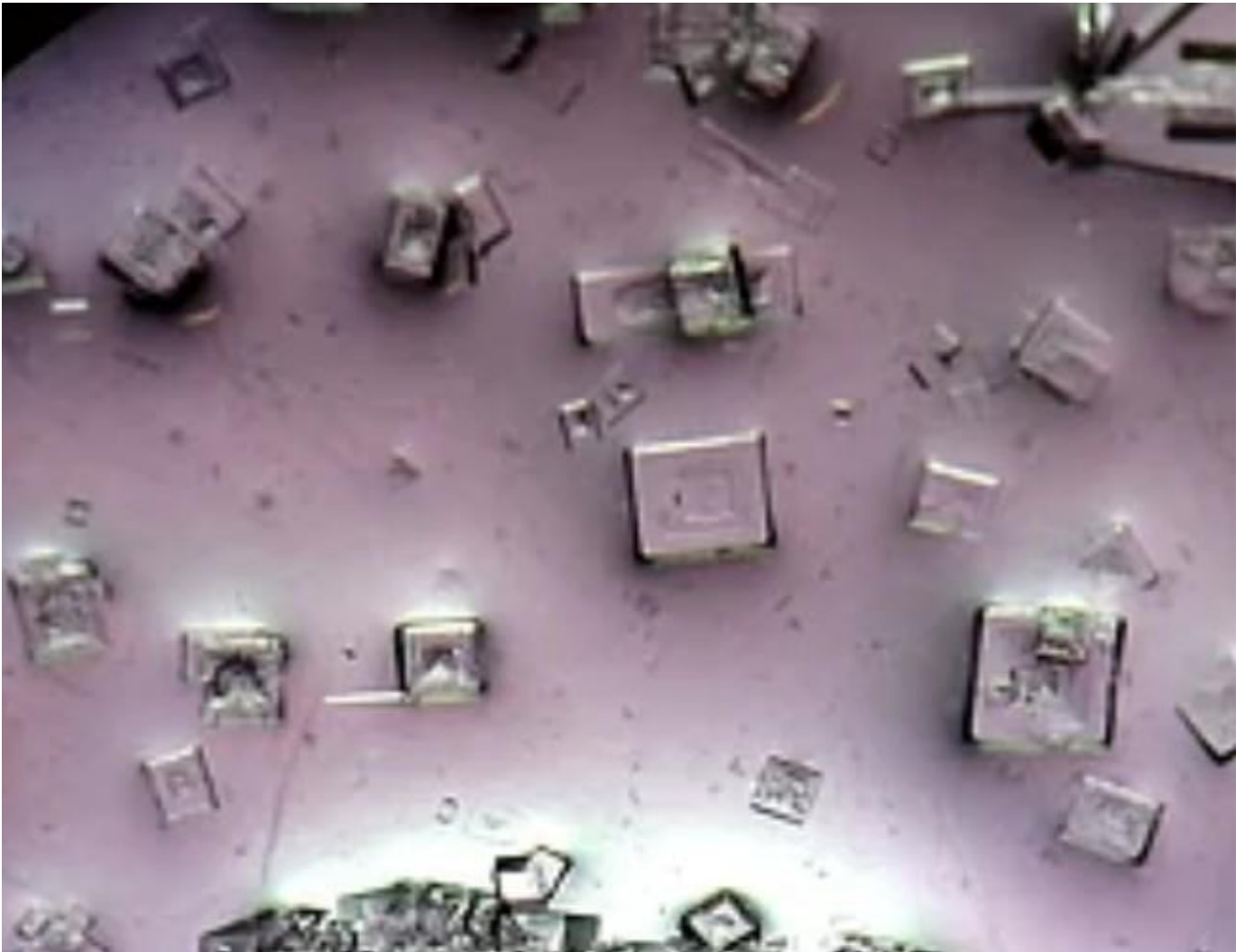
Además de las características ya mencionadas (forma de cuadraditos translúcidos con marco alrededor y sub-cuadrados interiores dentro del cristal, y forma de cruz) obsérvese también la absorción que muestran en la superficie cuadrada interior. Los cristales denotan un claro marco, y una superficie cuadrada interior con forma de “**hendidura plana absorbida**”.



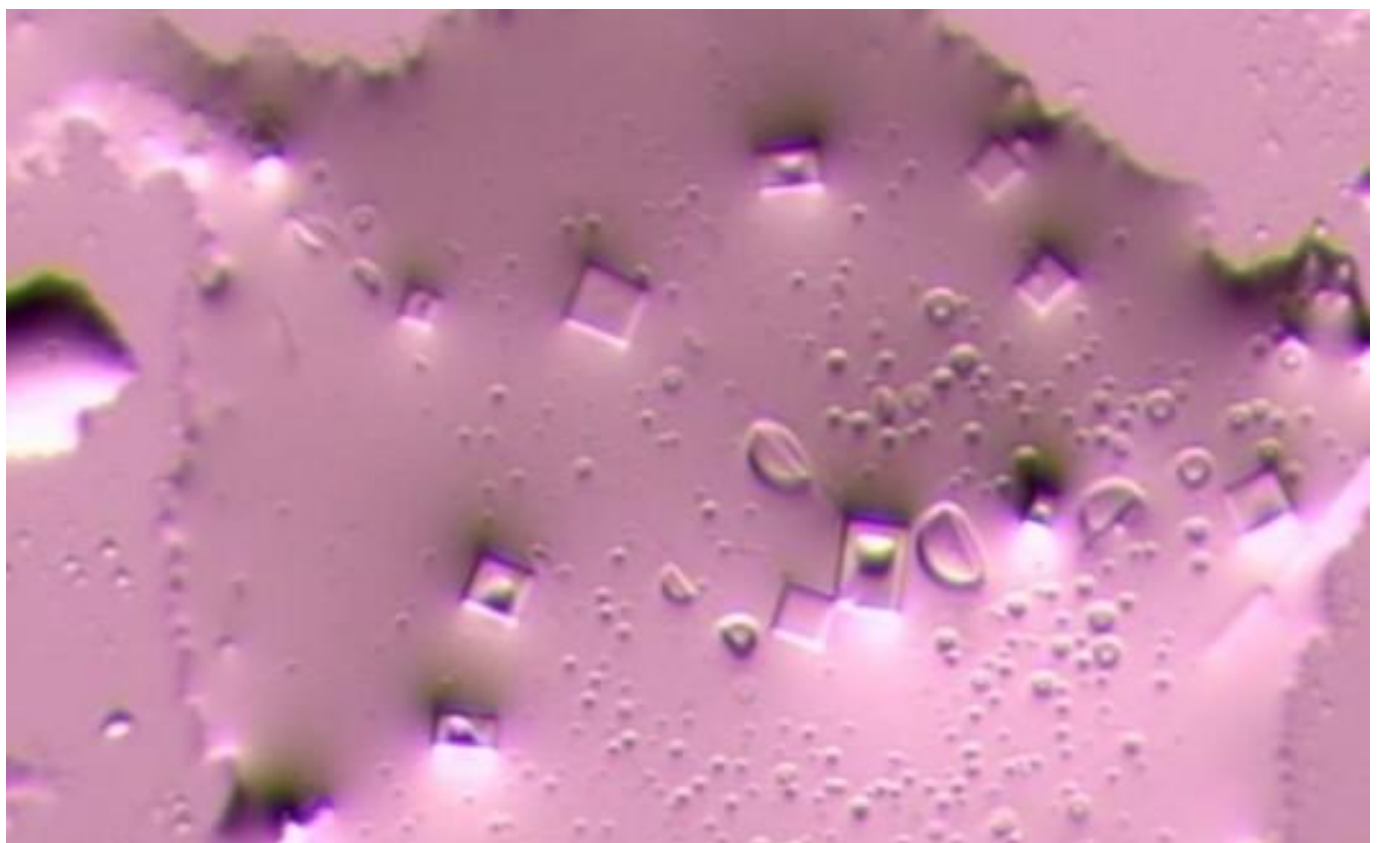




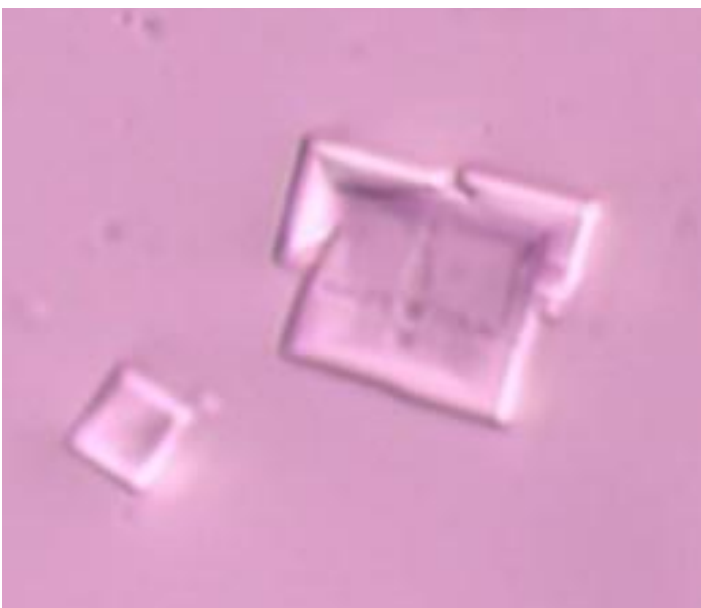
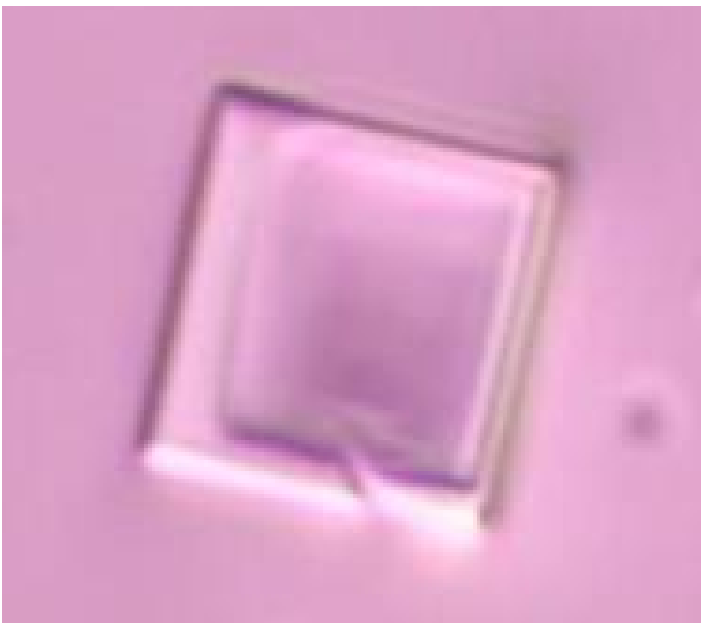
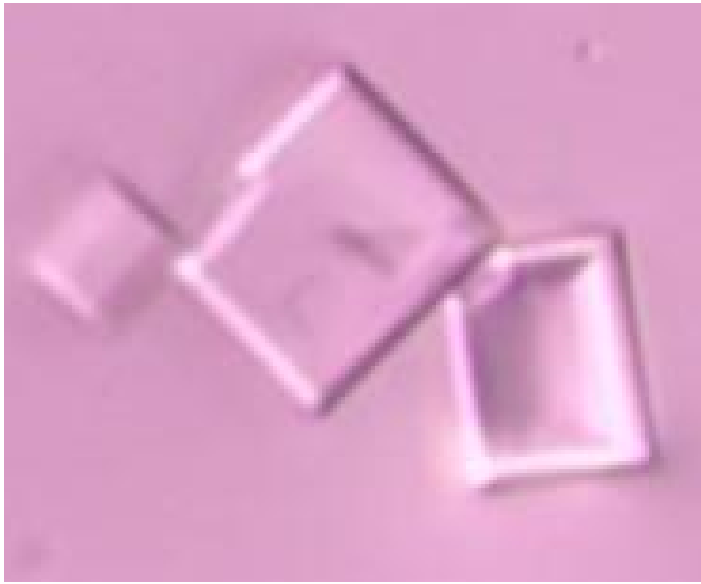
**Cristales de sal**



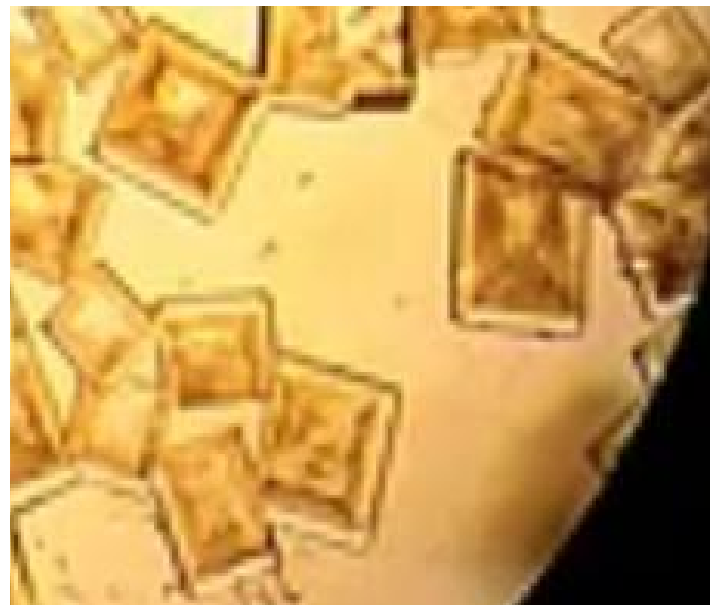
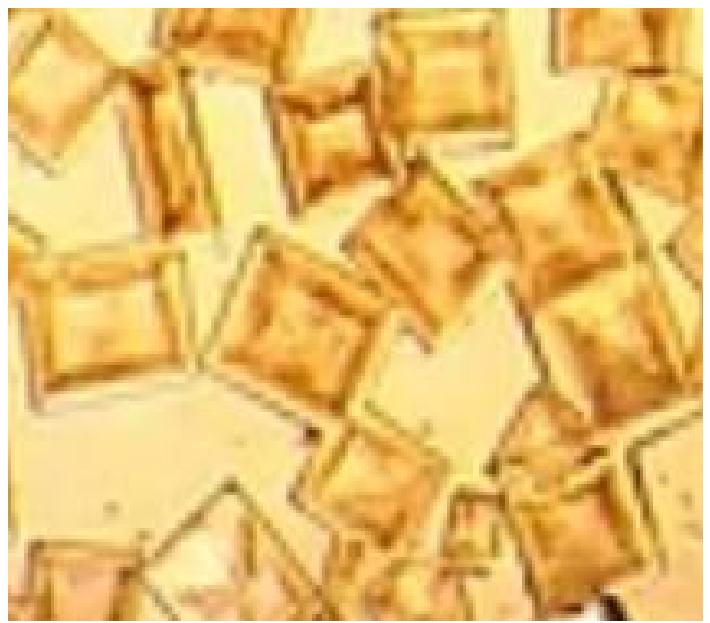
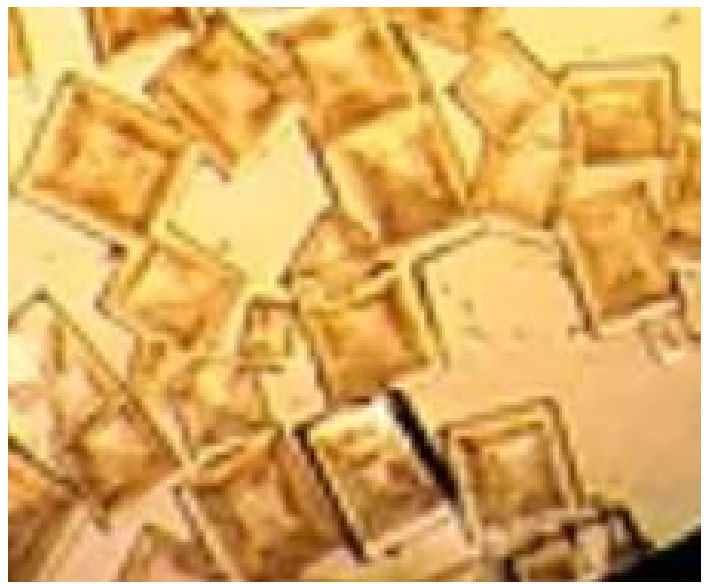
**Cristales vacunas Covid**



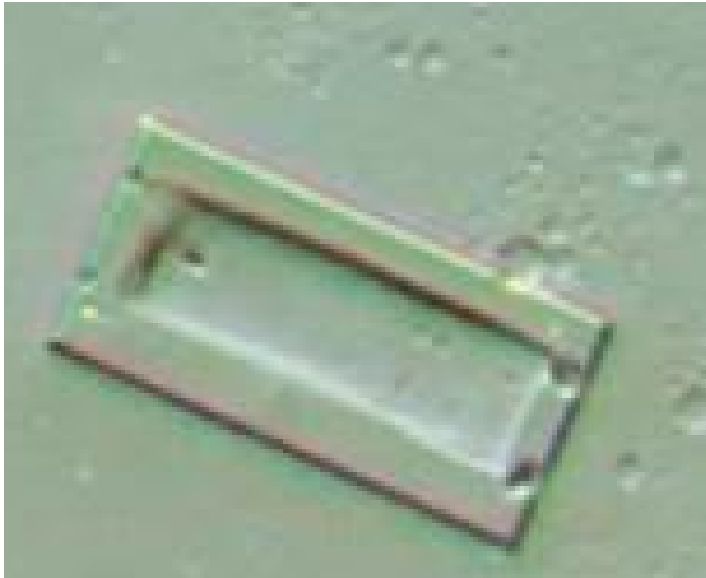
**Cristales vacunas Covid**



**Cristales de sal**



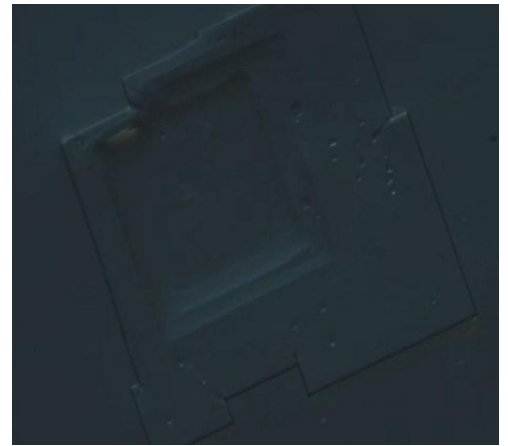
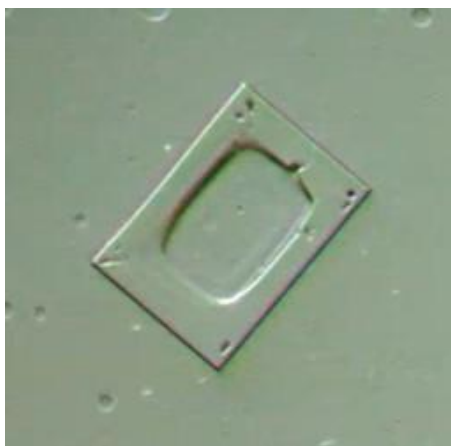
**Cristal vacuna Covid**



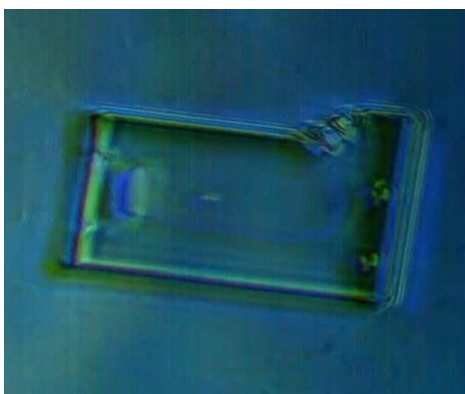
**Cristal de sal**



**Más cristales Covid con forma de “marco de fotos” bien definido post-secado, y con la parte interior chuclada, en forma de “hendidura plana absorbida”.**



Fijémonos en estos 3 cristales, **2 de vacuna Covid (izquierda y centro) y 1 de sal- (derecha)**. Podemos ver que, en el de la izquierda, la estructura es más cristalina, con marco alrededor y un rectángulo interior poco perceptible que podría aparentar ser microcircuitería. En el cristal del centro, secado, se puede observar la misma marca en “hendidura plana absorbida”. Ambos cristales, se perciben iguales al cristal con hendidura plana absorbida de sal rectangular de la derecha (tapado por otro cristal de sal cuadrado pequeño).



## “Pixelado tipo Minecraft”

### Cristales de sal

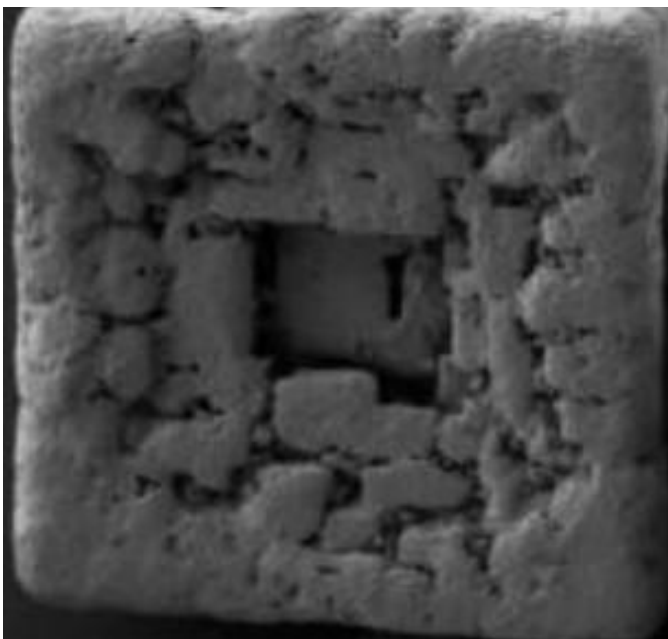
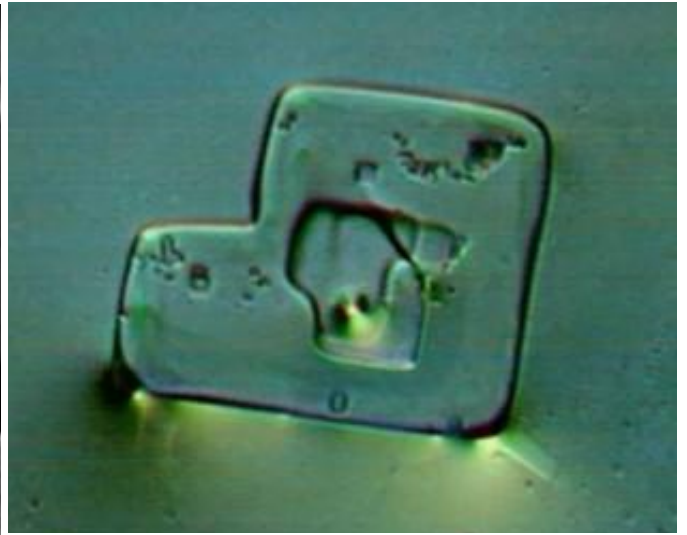
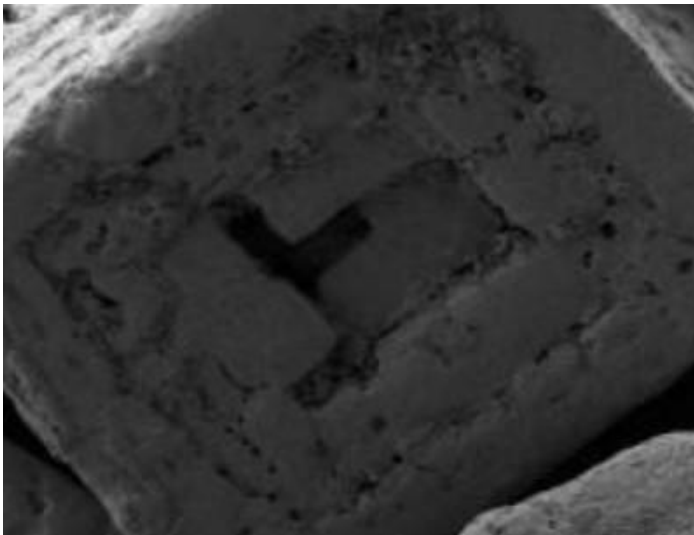
Los cristales de sal muestran hendiduras en puntos cuadrícula de absorción. Estos puntos son tipo pixels, algunos son diminutos, otros más grandes.

Son como pequeños agujeritos, mini cuadraditos, que van haciendo formas cuadrículas más grandes y complejas, como hendiduras de cuevas o cavernas cuadrículas, a través de una especie de “pixelado tipo Minecraft”.

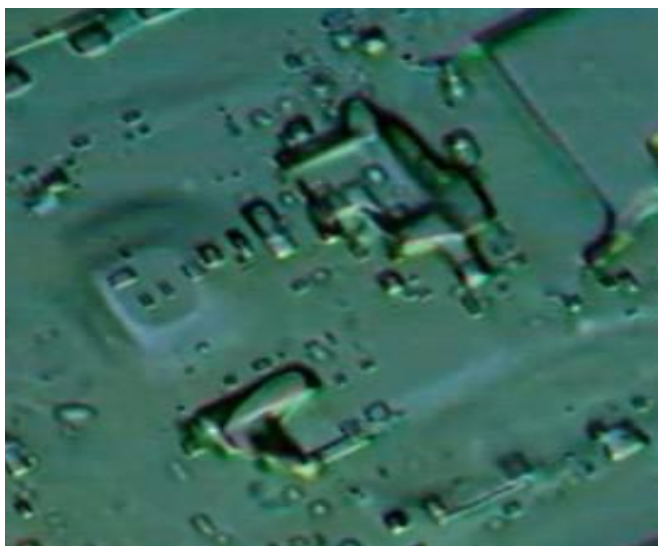
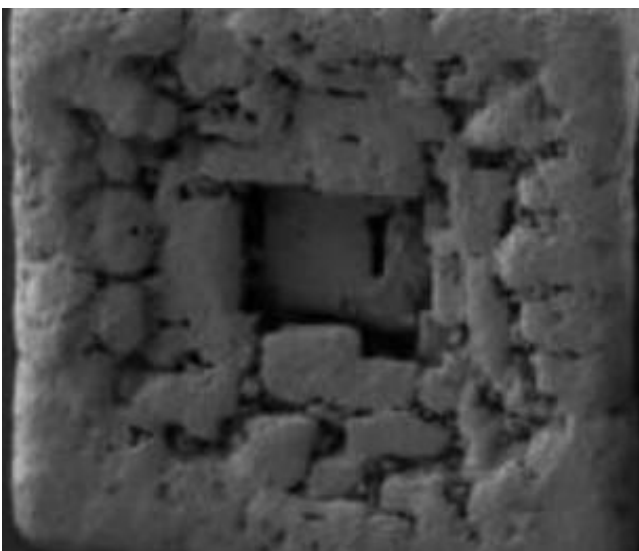
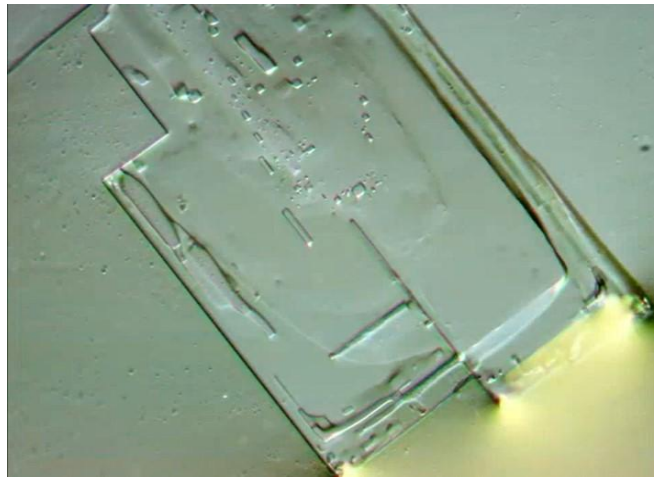
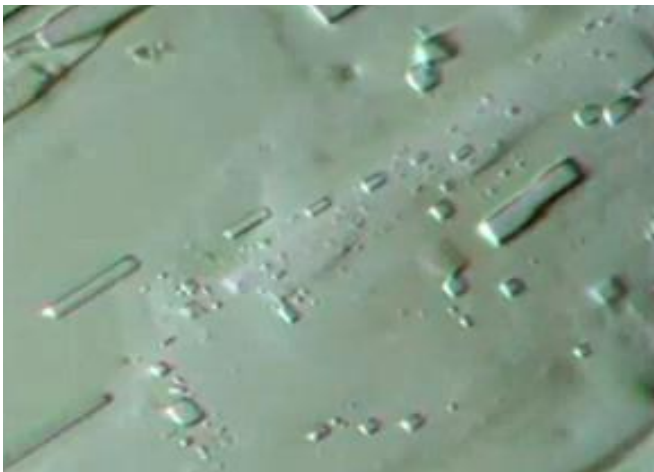
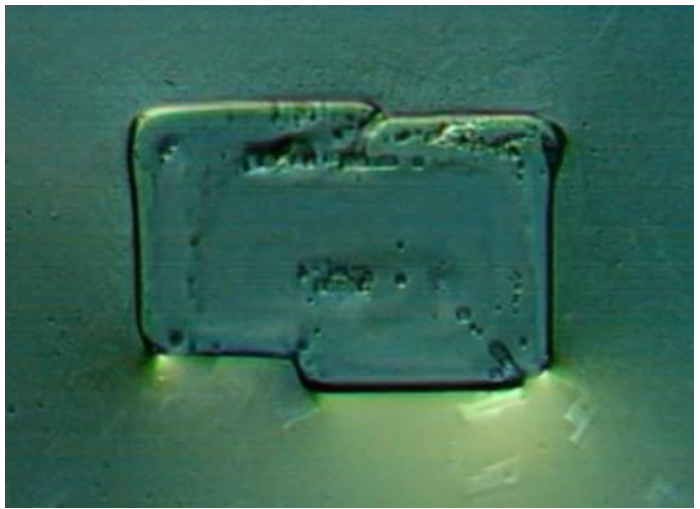
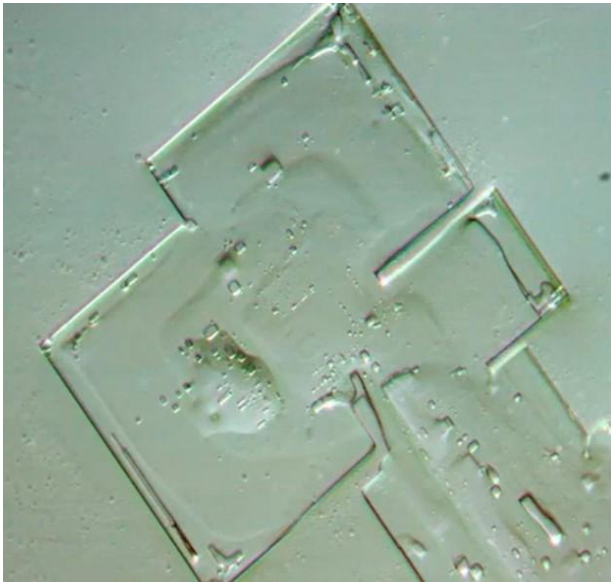
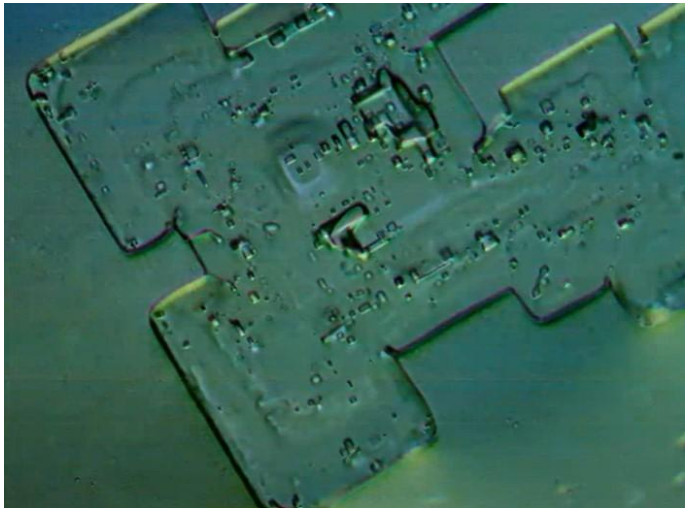
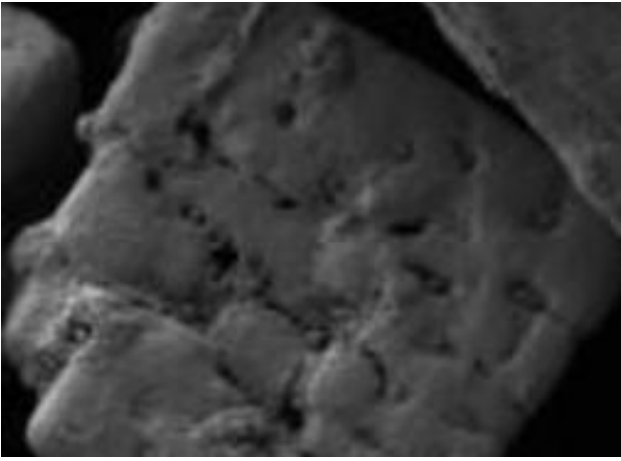
Hagamos algunas comparaciones observando las 3 cosas:



### “Pixelado tipo Minecraft”, “hendiduras absorbidas planas” y “marcos cuadrados”



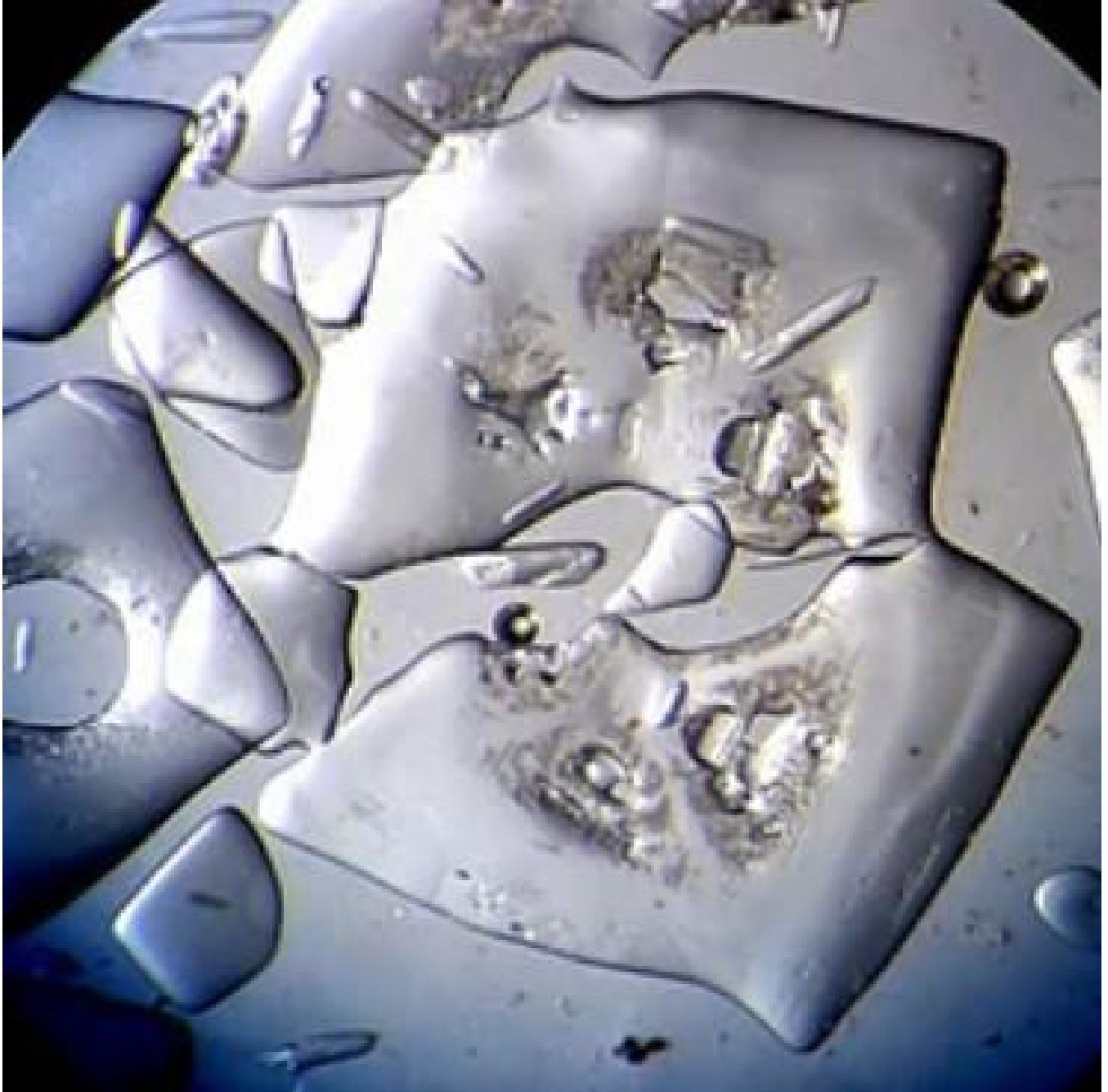




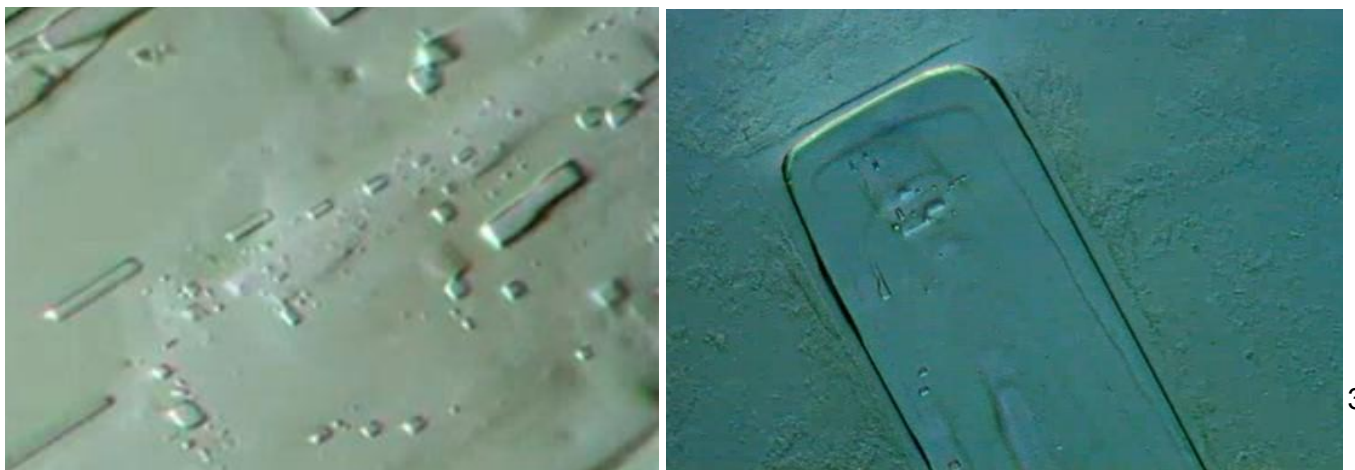
## Cristales de sal desechos

Los cristales de sal al deshacerse, pueden mostrar redondez en los laterales y esquinas, y lo que podrían aparentar microestructuras interiores.

## Cristales de sal

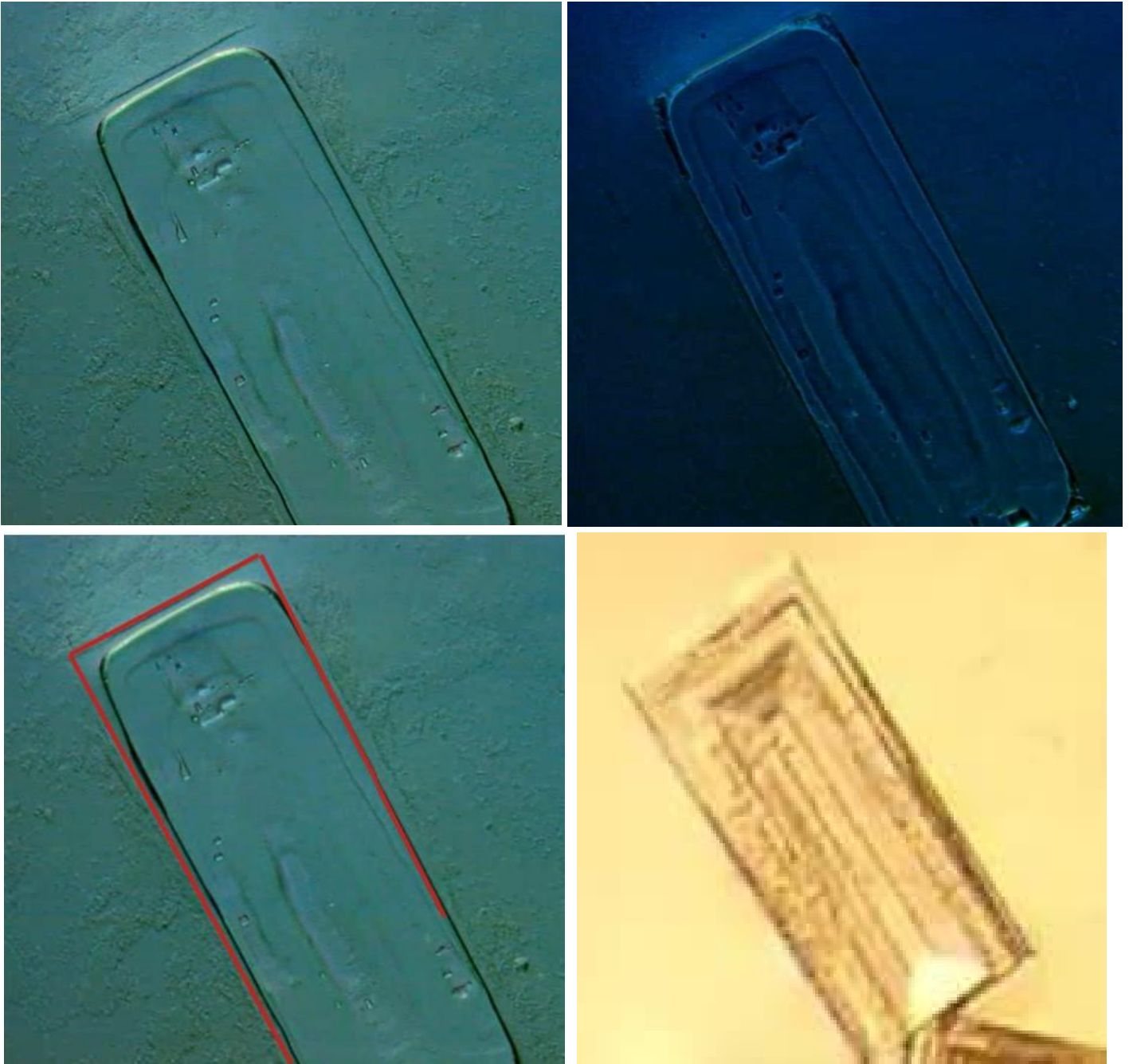


## Cristales vaucaas Covid



## Cristales planos alargados

Comparemos el siguiente cristal Covid procedente de una muestra dejada secar 1 semana, con cristales de sal alargados. Obsérvese la parte interior con hendidura plana absorbida, en diferentes niveles, como hemos visto en fotografías anteriores, lo que podría dar la impresión de circuitería. También podemos ver como el marco rectilíneo y de ángulos puntiagudos se ha “deshecho”, haciendo que el cristal haya adquirido una forma menos cuadrática, más redondeada en laterales y esquinas (esquinas tanto exteriores, como esquinas de los rectángulos interiores de hendidura plana absorbida).

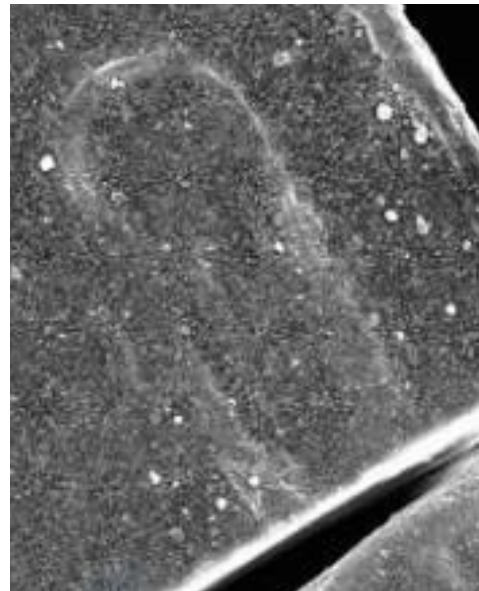
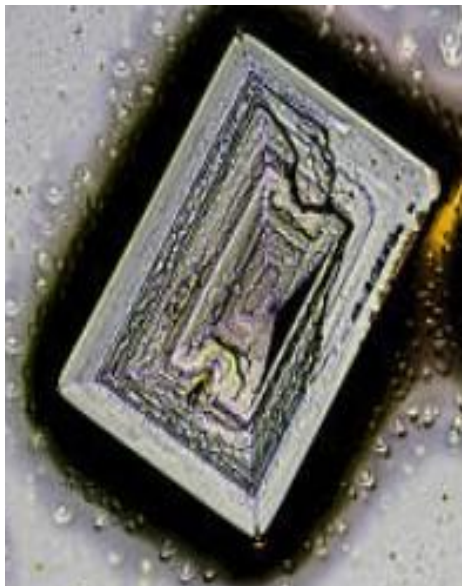
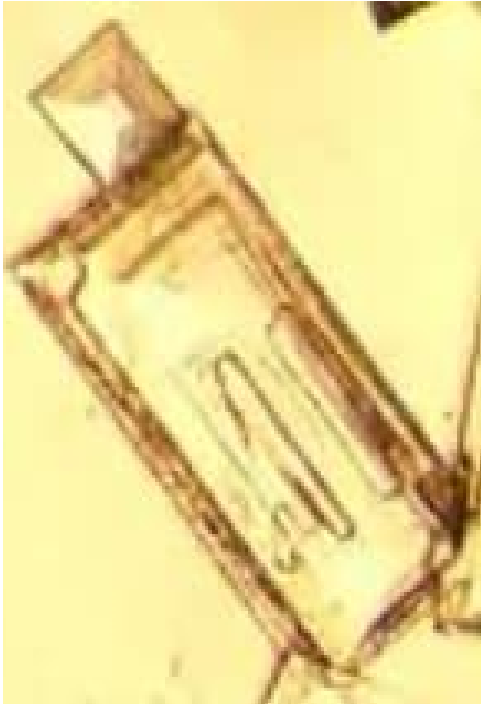


**Mismo cristal Covid con distinto enfoque de luz. Abajo derecha cristal de sal.**

Abajo a la izquierda resaltado en línea roja la forma que se observa de lo que era el marco rectilíneo puntiagudo (perceptible en los enfoques de los cristales de arriba).

Se puede observar forma interior rectangular de “**hendidura plana absorbida**” y algunos puntos de secado en absorción tipo “**pixels de MineCraft**”.

Más ejemplos de cristales de sal alargados comparados con cristales Covid



Cristales mostrando una “franja” interior de distinta tonalidad

Cristal vacuna Covid

Cristal de sal

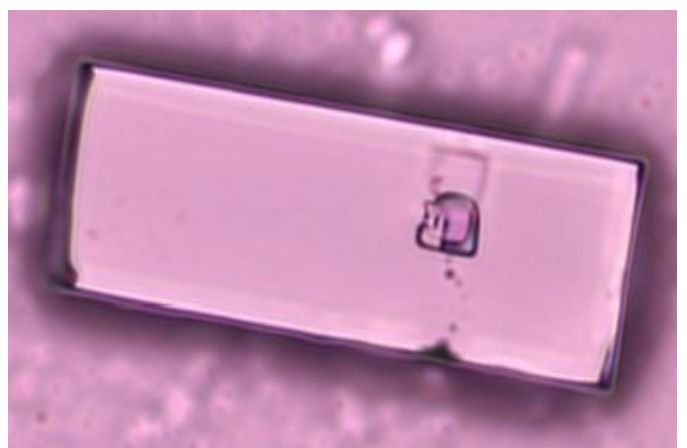
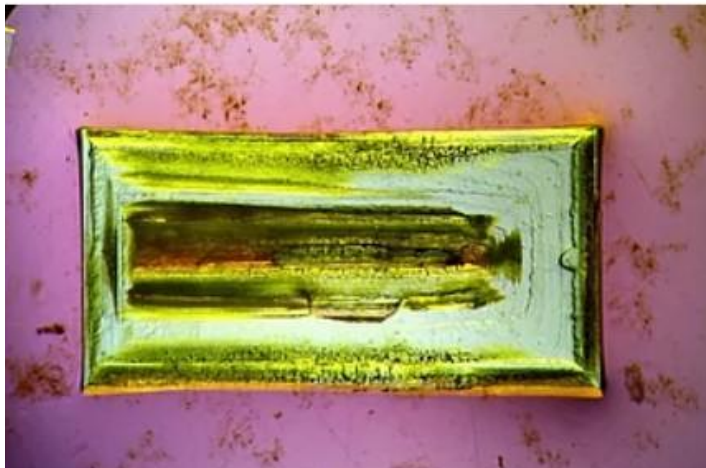


Más comparativas

Cristales de sal



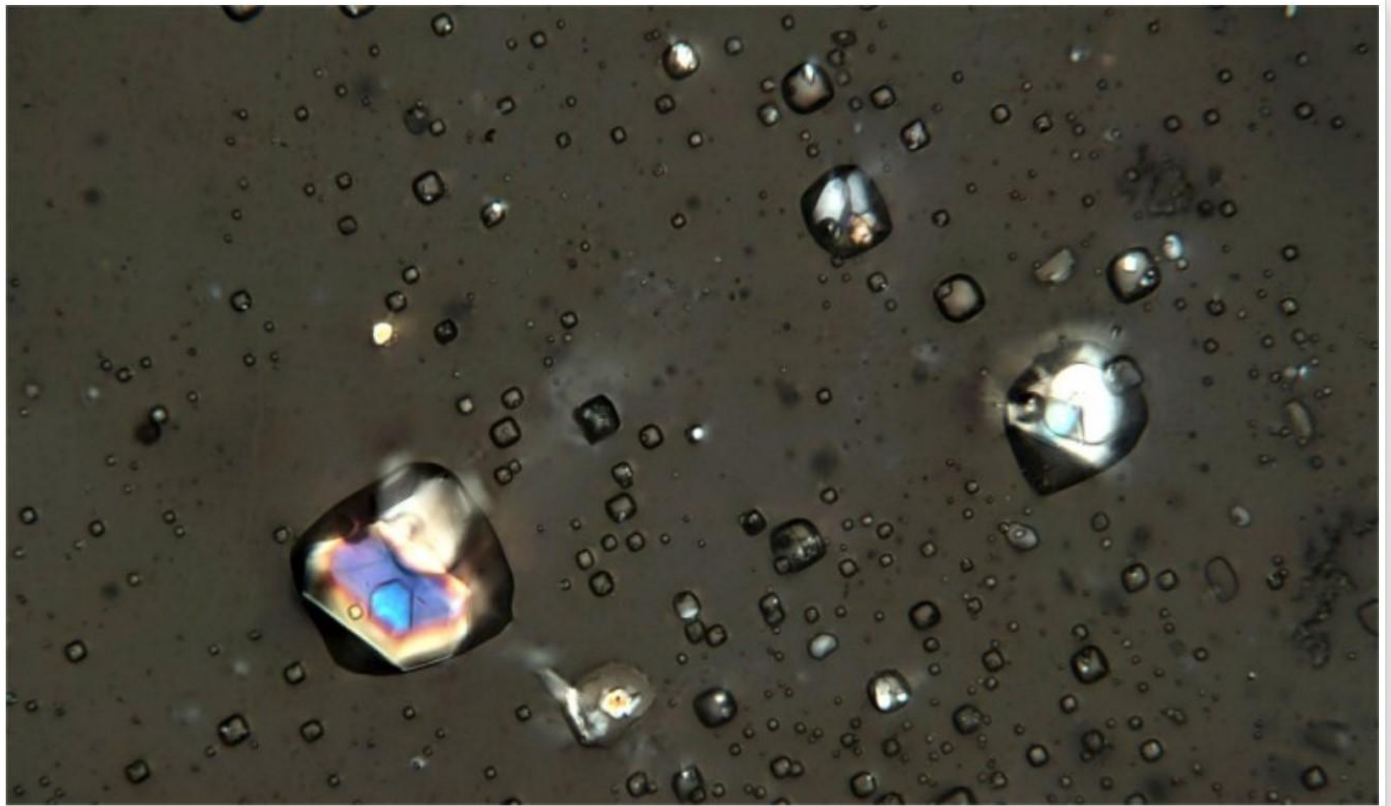
Cristales vacuna Covid



## Clusters poligonales prismáticos

Los cristales de sal y azúcar pueden mostrar formas poligonales prismáticas, de cubos y hexágonos, entre otras.

### Cristales de sal formando clusters y apariencia burbujeante fluídica

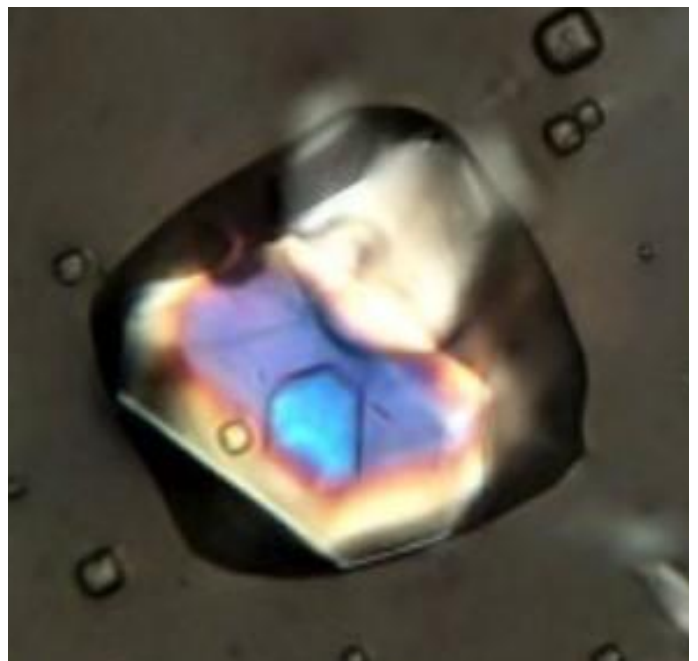


— Vista microscópica de cristales de sal

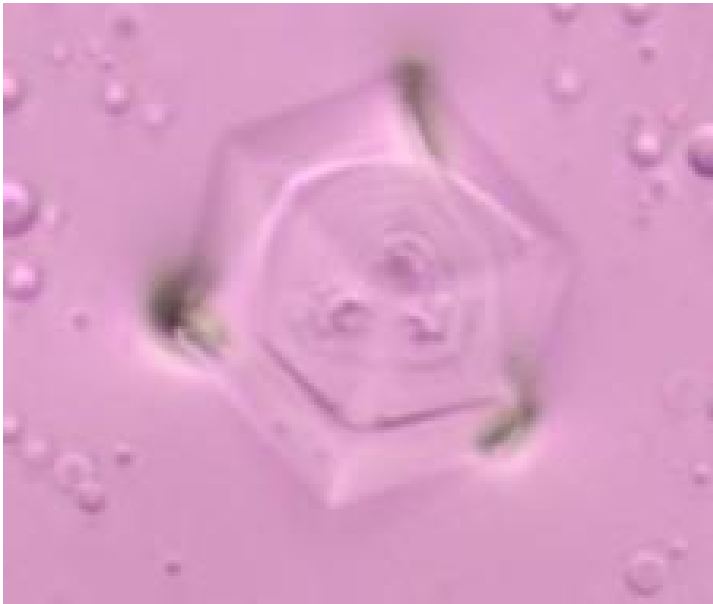
### Cluster vacuna Covid



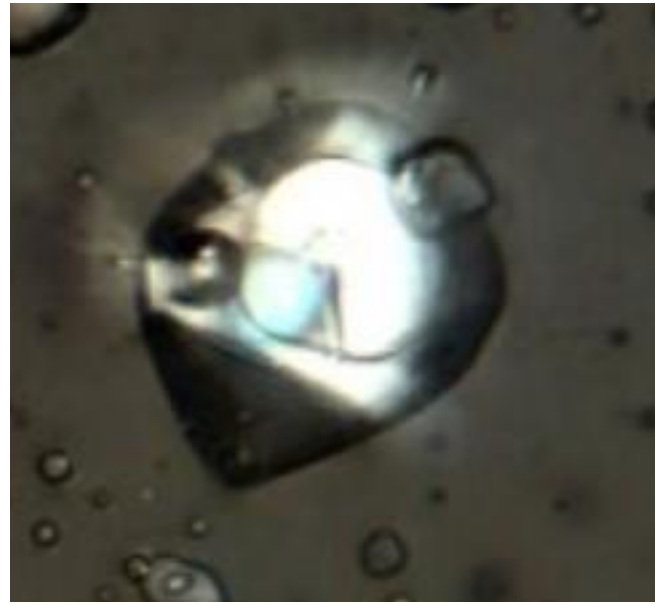
### Cluster de sal



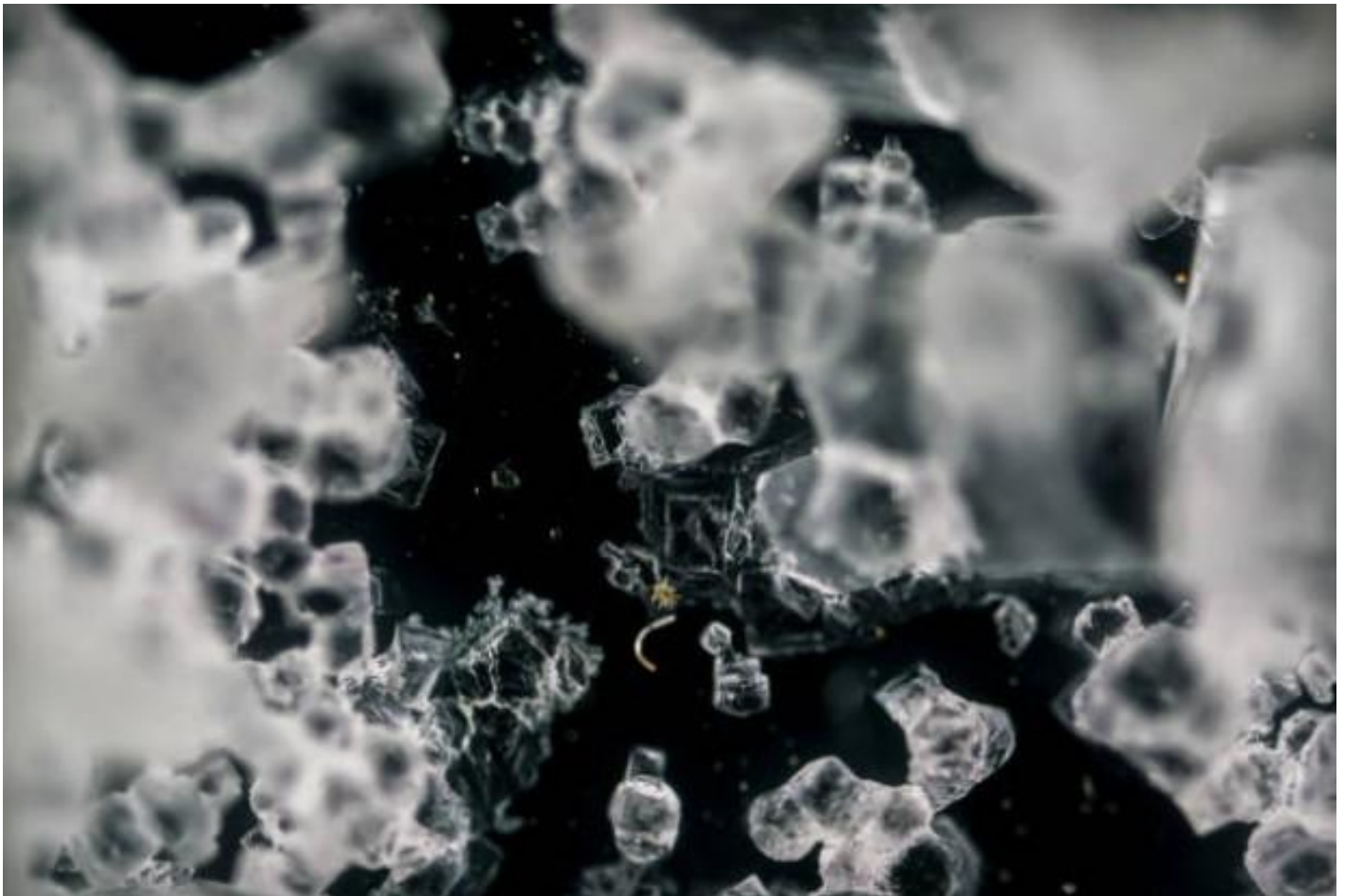
**Cluster vacuna Covid**



**Cluster de sal**



**Sal vista al microscopio mostrando formas de clusters, polígonos prismáticos cúbicos y hexagonales.**



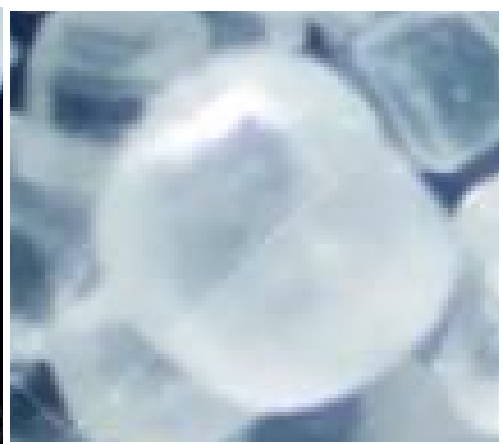
**Cluster vacuna Covid**



**Cluster de sal**



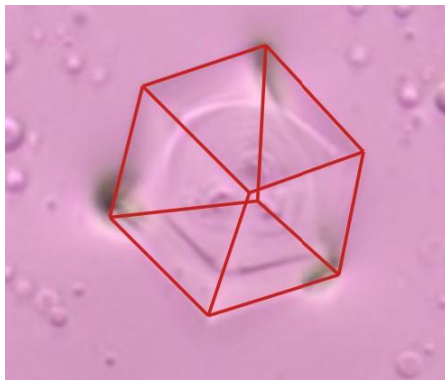
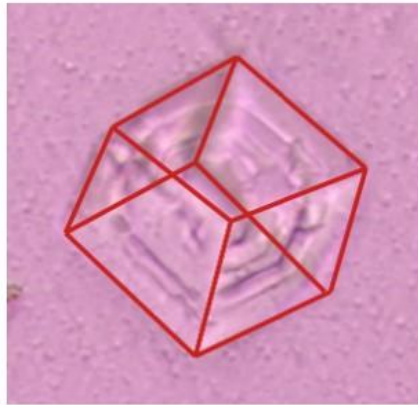
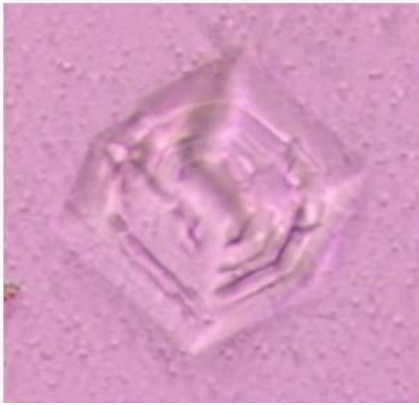
**Cristales de sal mostrando clusters, cubos, urnas transparentes y hexágonos**



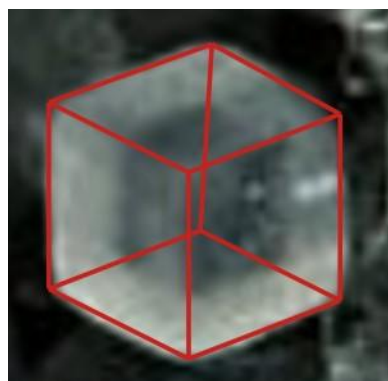
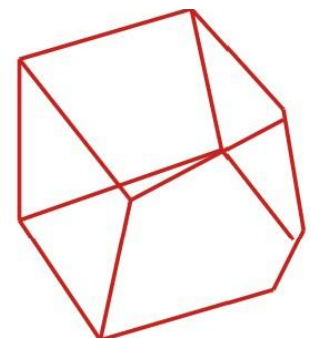
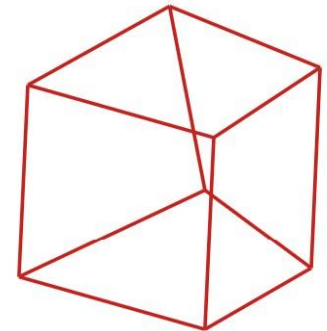
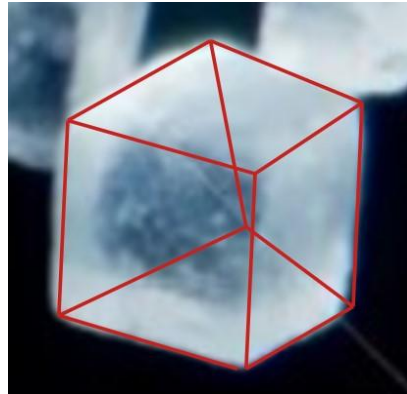
Los clusters observados en las vacunas Covid, al igual que en los cristales de sal, parecen mostrar forma de cubo o urna transparente chafada o aplastada. Se observan hexágonos, 6 lados.



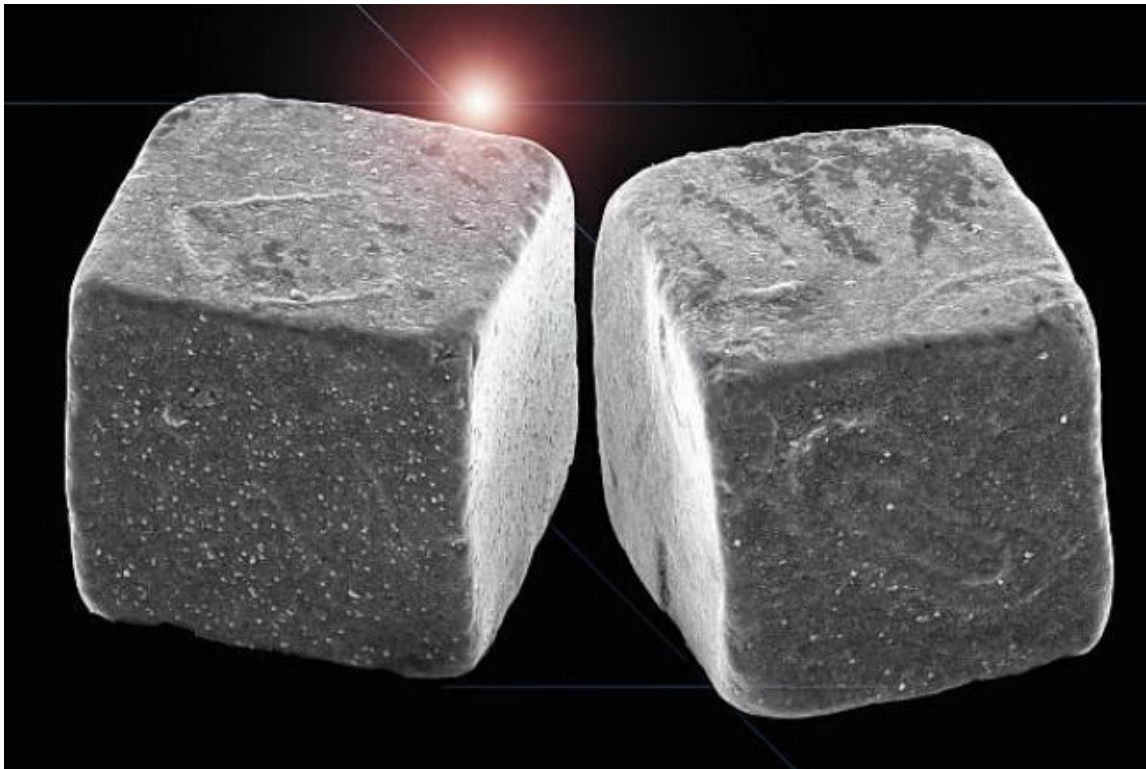
### Cristales tipo "cluster" hallados en vacuna Covid



### Cristales de sal



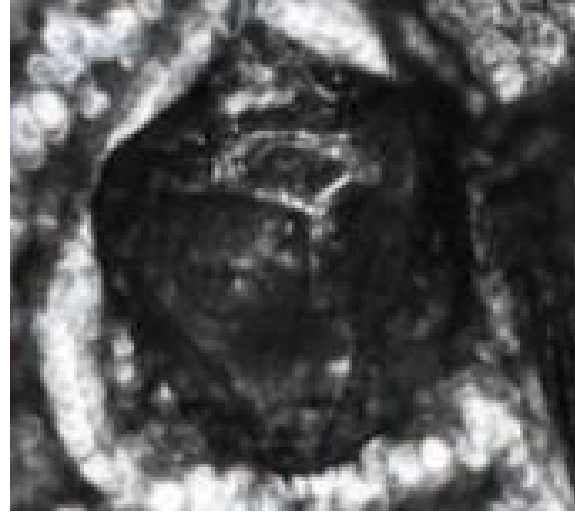
## Cristales de sal con forma cúbica, vista de 6 lados hexagonal



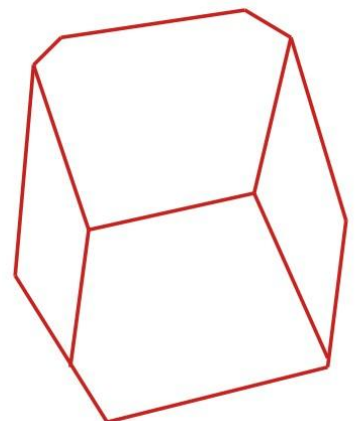
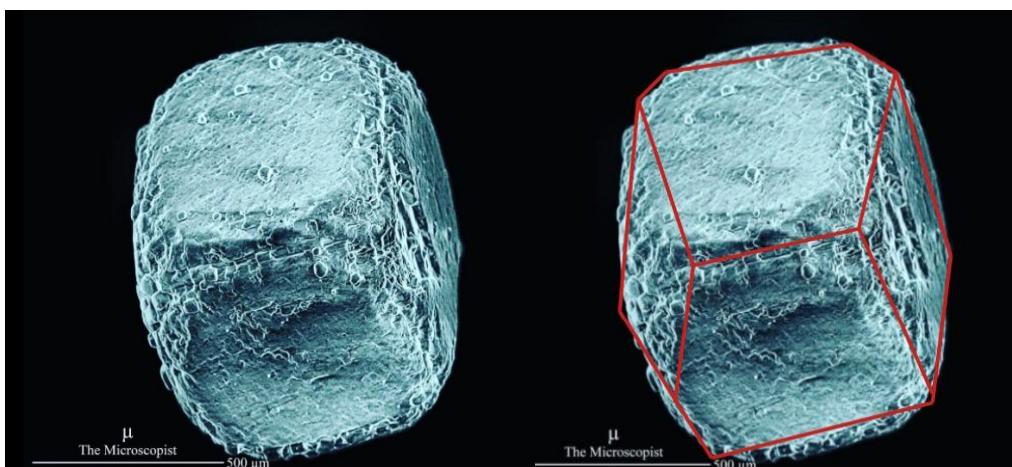
Cluster vacuna Covid



Cluster de sal

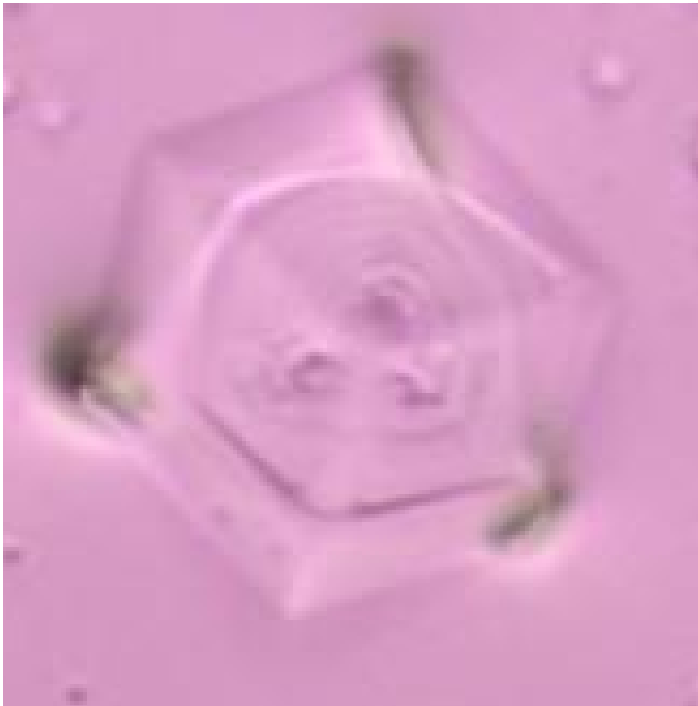


Los cristales de sal pueden verse con distintas formas poligonales prismáticas dependiendo del efecto óptico producido por la cristalinidad de la estructura cúbica.

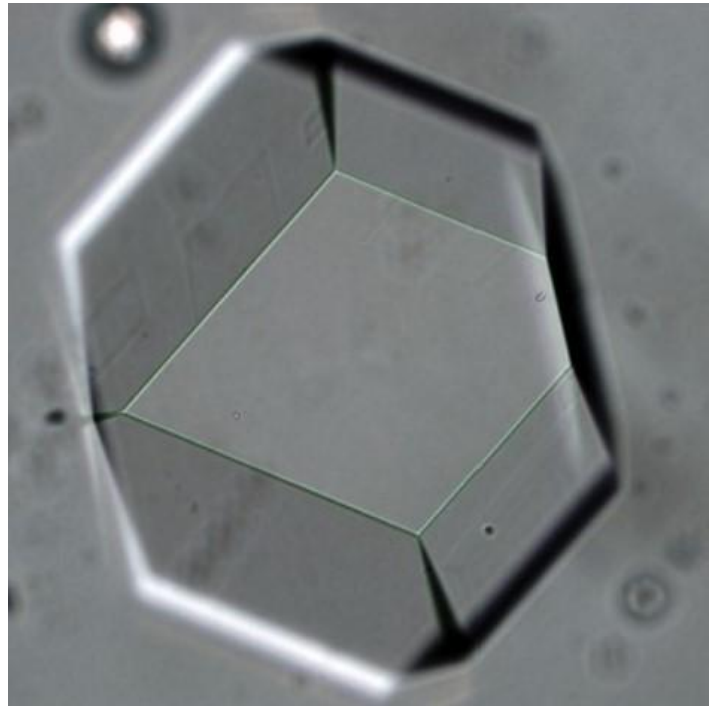


El siguiente cristal, es un cristal de azúcar con forma prismática generado en un gel a base de glucosa. Obsérvese la estructura cristalina, plana, 6 lados, y cuadrado interior.

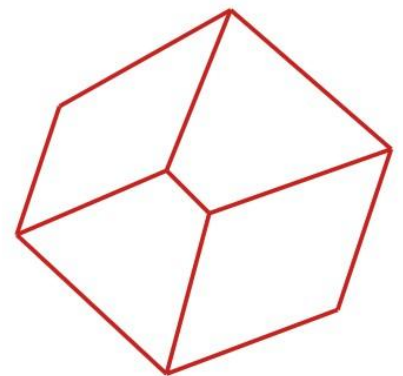
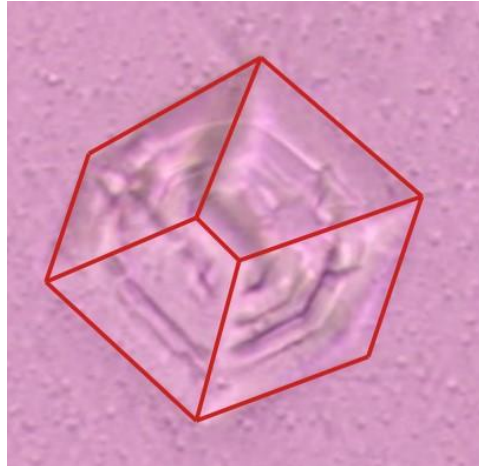
**Cristal vacuna Covid**



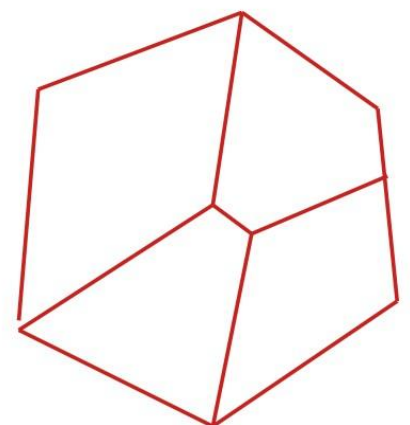
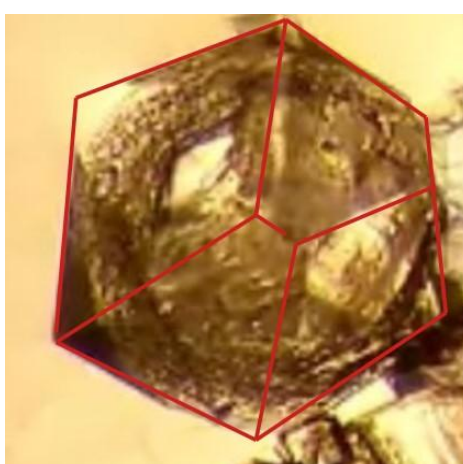
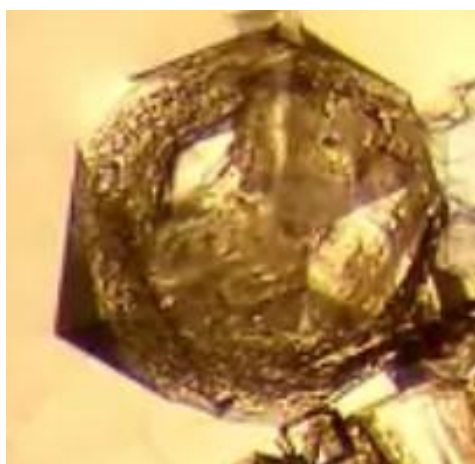
**Cristal de azúcar**



**Clusters vacunas Covid**

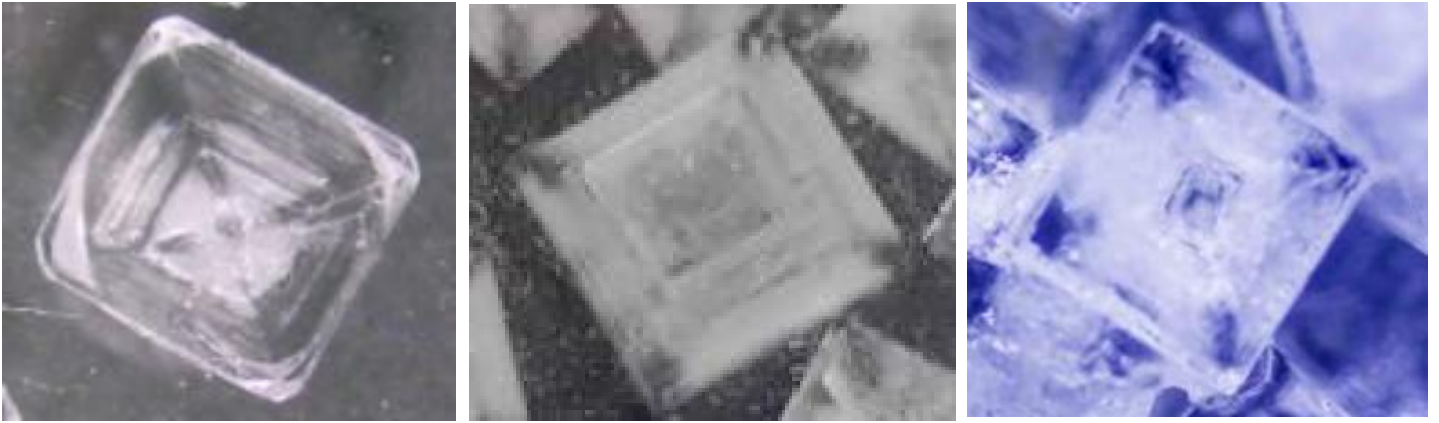


**Clusters de sal**

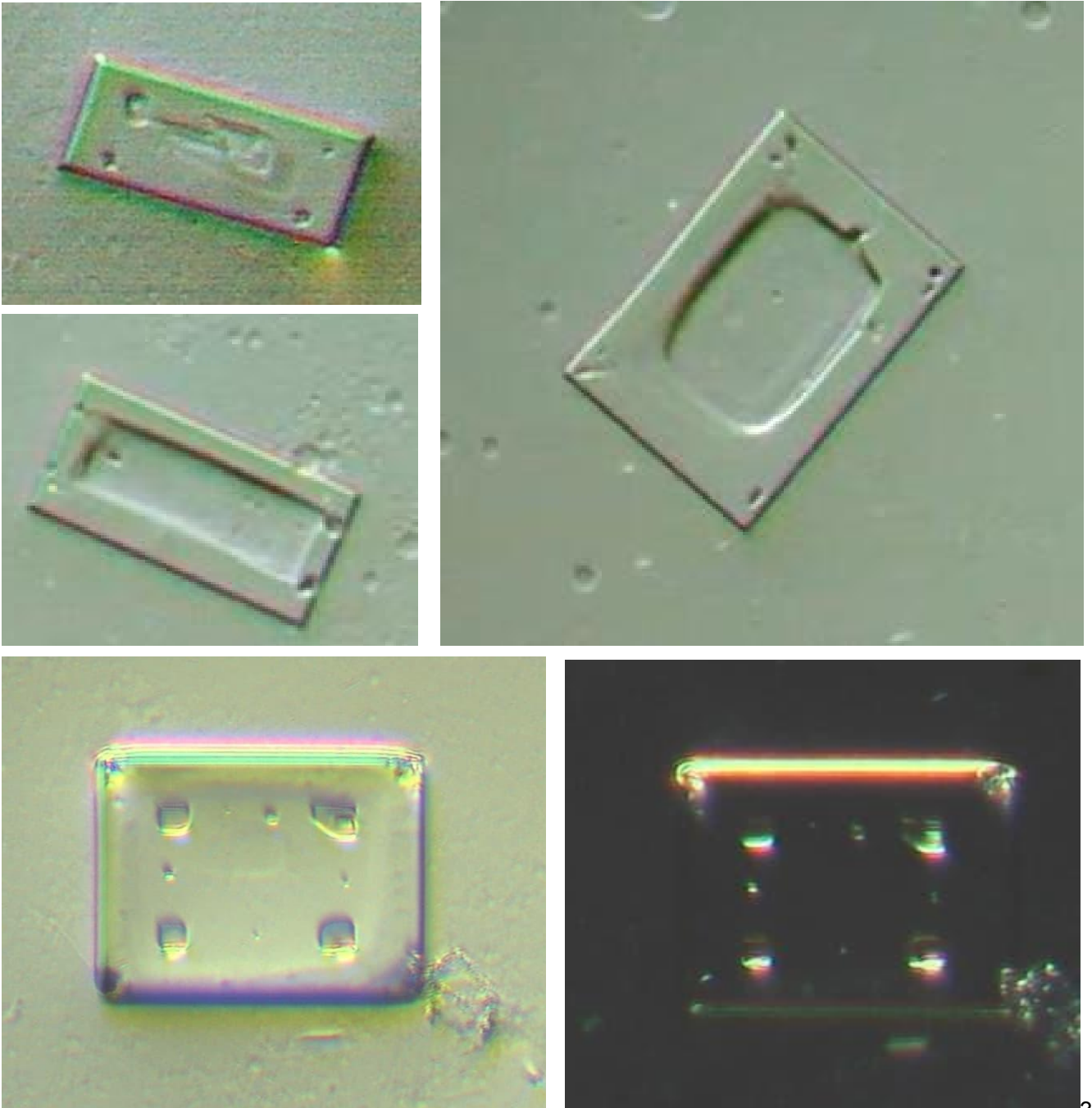


## Cristales "tipo dado" con 4 puntos semi-esquinas

En ocasiones los cristales de sal pueden mostrar 3 o 4 punto en su interior



Cristales Covid en una muestra dejada secar, mostrando 4 puntos de absorción

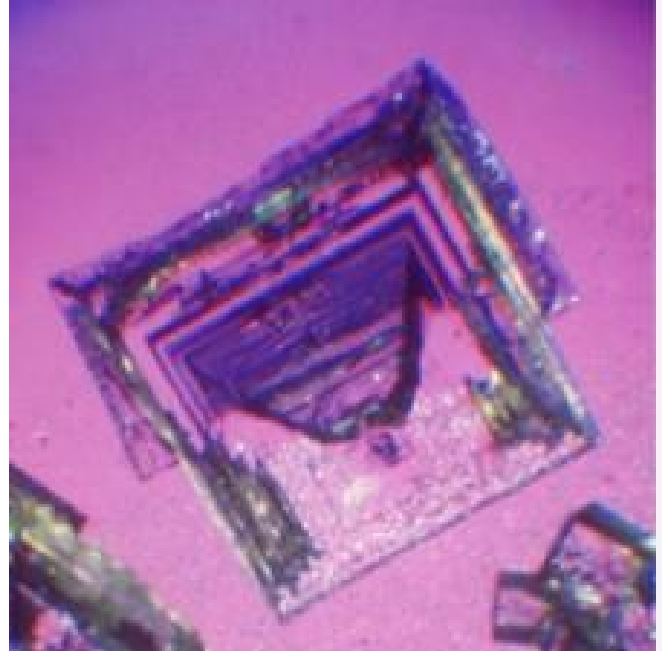


## Cristales con medio marco quebrado

**Cristal vacuna Covid**

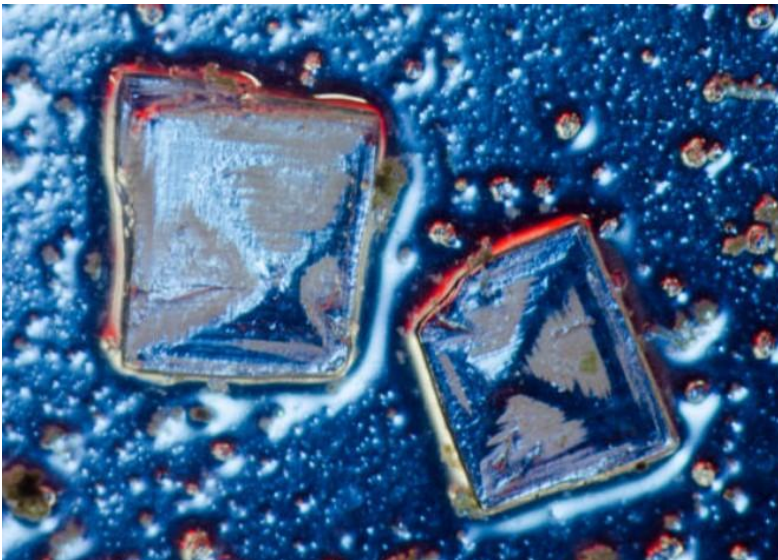


**Cristal de sal**



La forma de cruz en ocasiones, y dependiendo del enfoque de luz, puede mostrarse con distintas tonalidades en las caras de la pirámide, dando la apariencia de claridad en una zona, y densidad en la otra.

**Cristales de sal**



**Cristales vacuna Covid**

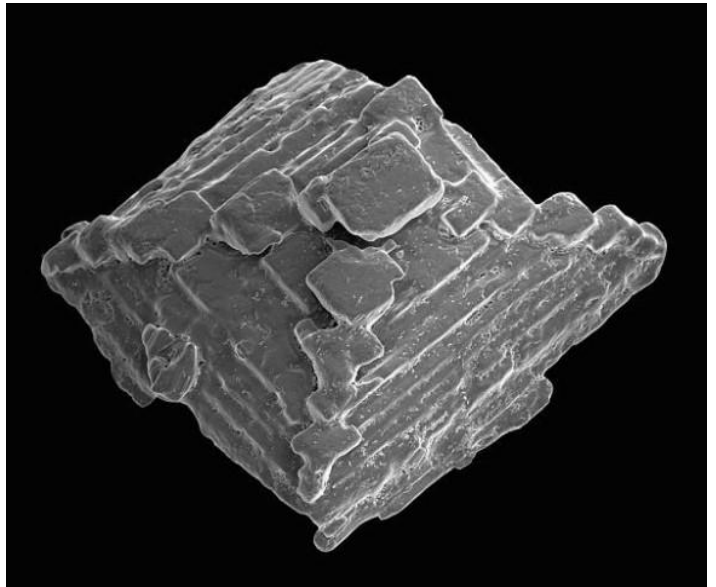


El siguiente cristal da la impresión de contener una gota de microfluido en su interior, pero puede ser un efecto óptico por la luz y el enfoque de la fotografía, y ser en realidad parte de la estructura cristalina translúcida piramidal de un cristal de sal, generando la diferente tonalidad en un juego de sombras que se refleja con apariencia de fluido violeta en la fotografía.

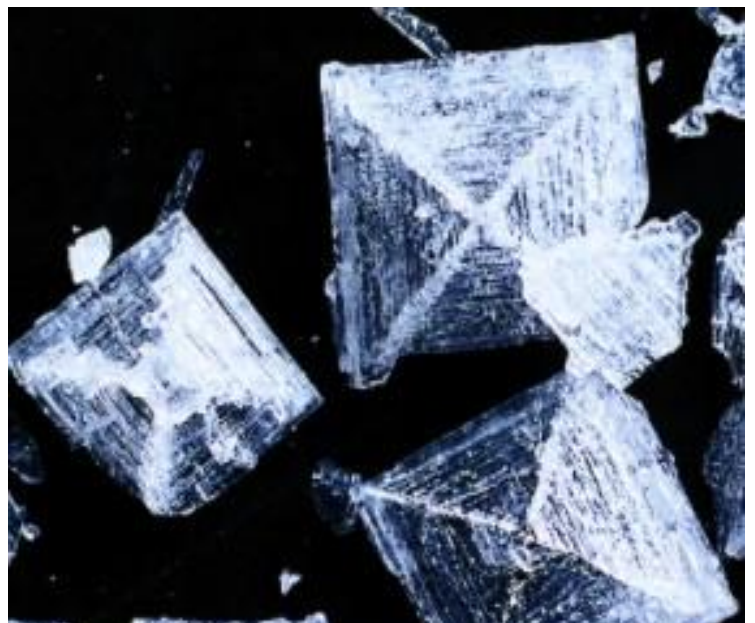
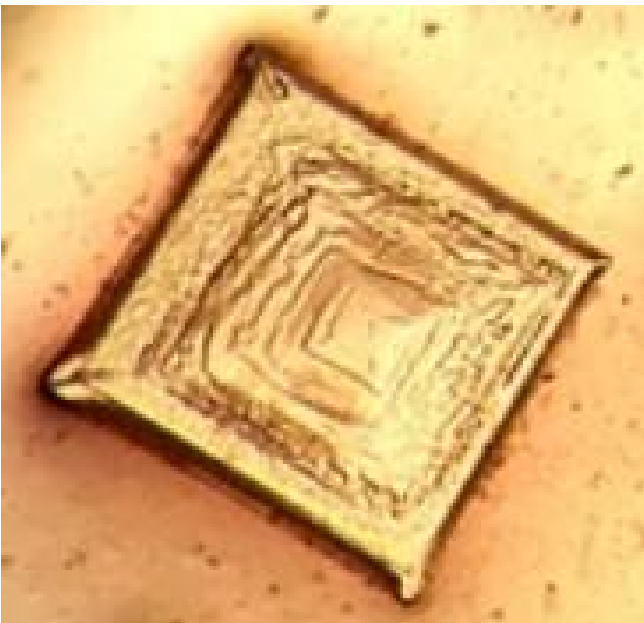
**Cristal vacuna Covid**



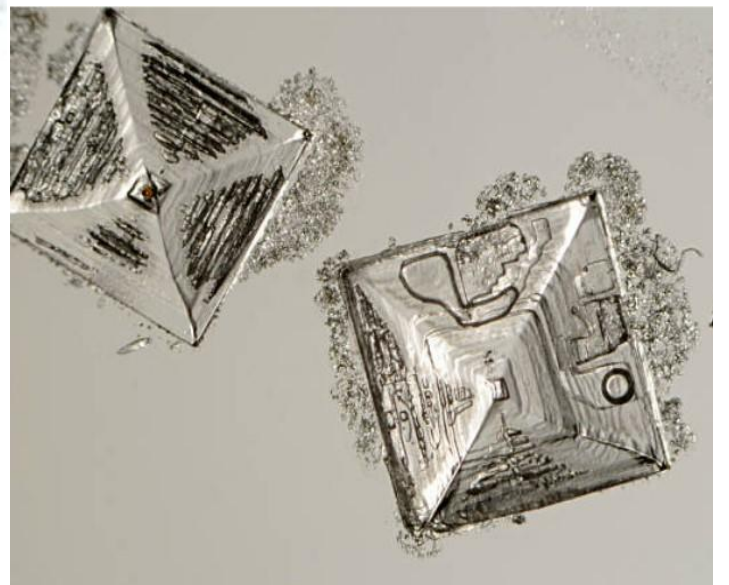
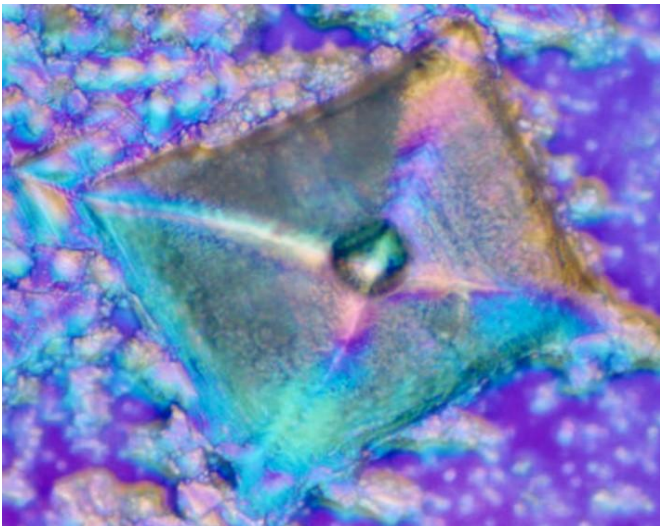
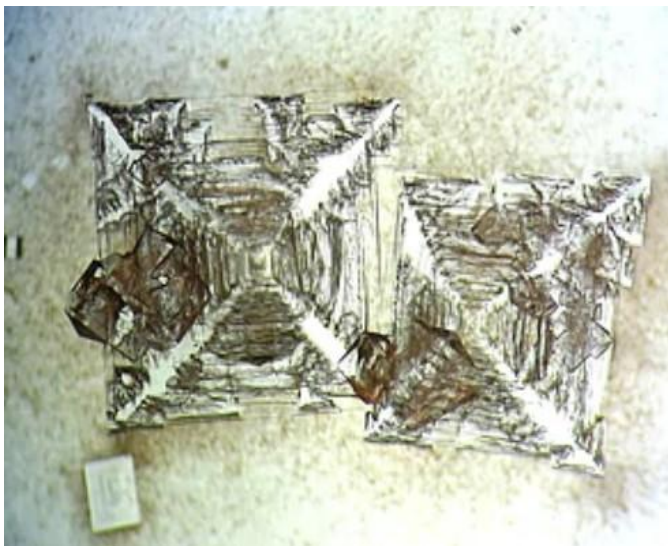
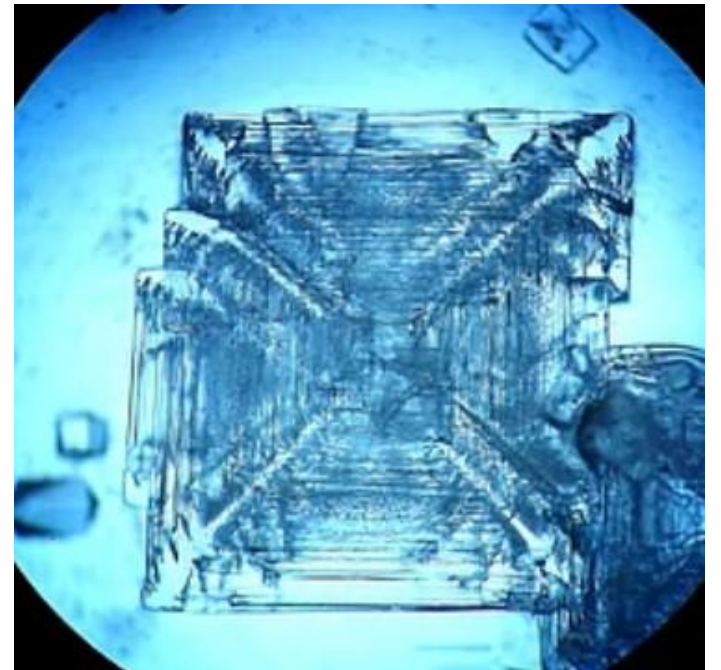
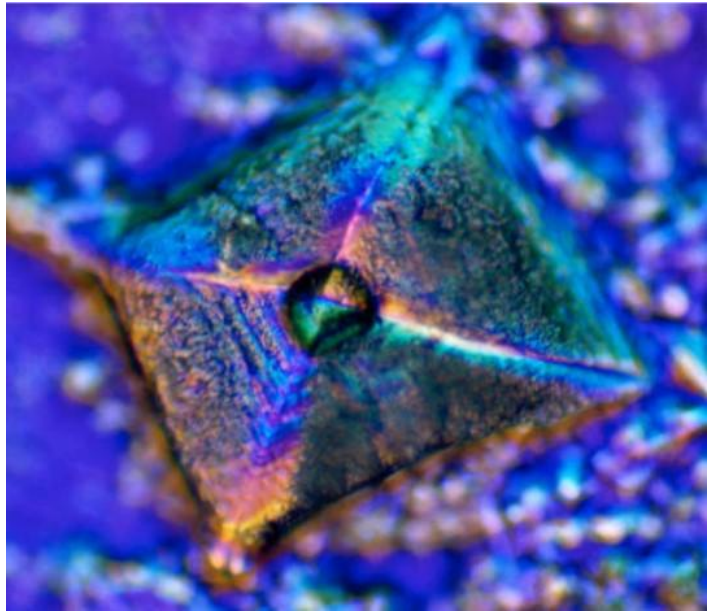
**Cristal de sal**



**Cristales de sal**



**A continuación serán mostradas diversas fotografías más de cristales de sal con estructura piramidal, con forma de cruz “X” o “+”, y forma de ventanas dentro de ventanas o “dianas cuadradas” y aparentando una gota microfluídica acumulada.**



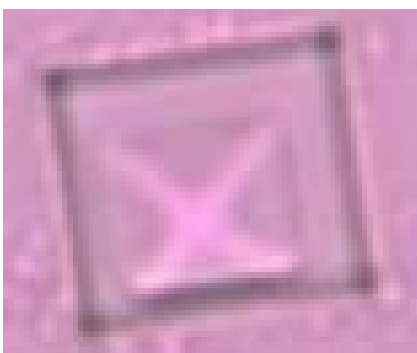




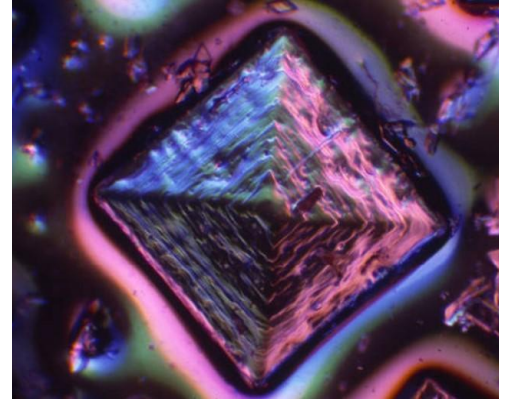
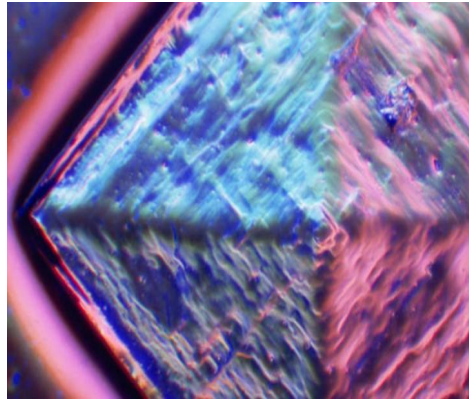
**Cristales de sal**



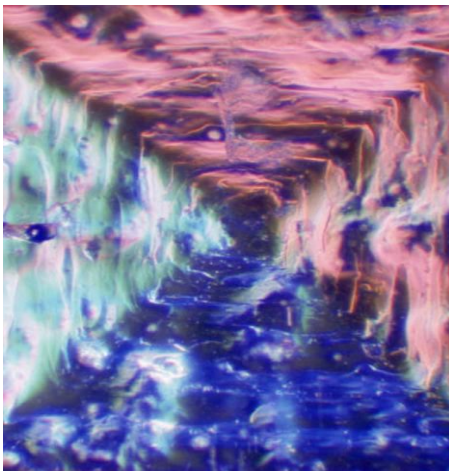
**Cristales vacunas Covid**



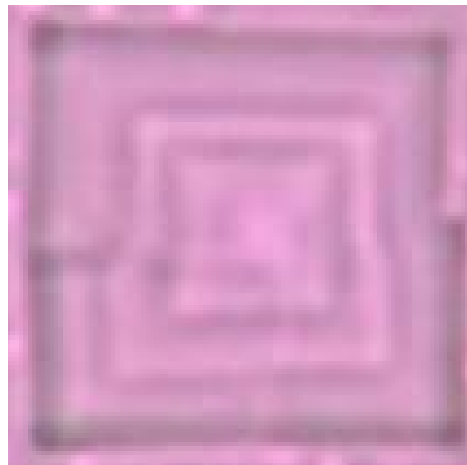
## Cristales de sal



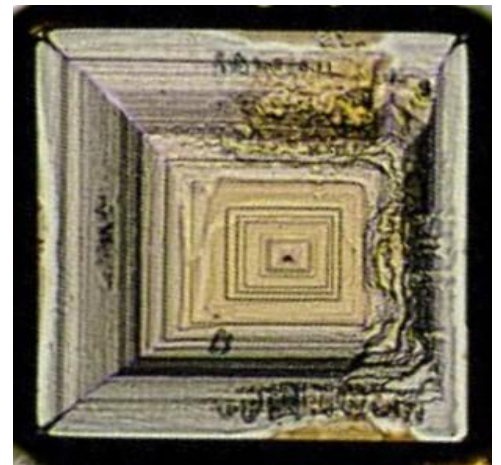
**Cristal de sal**



**Cristal vacuna Covid**



**Cristal de sal**

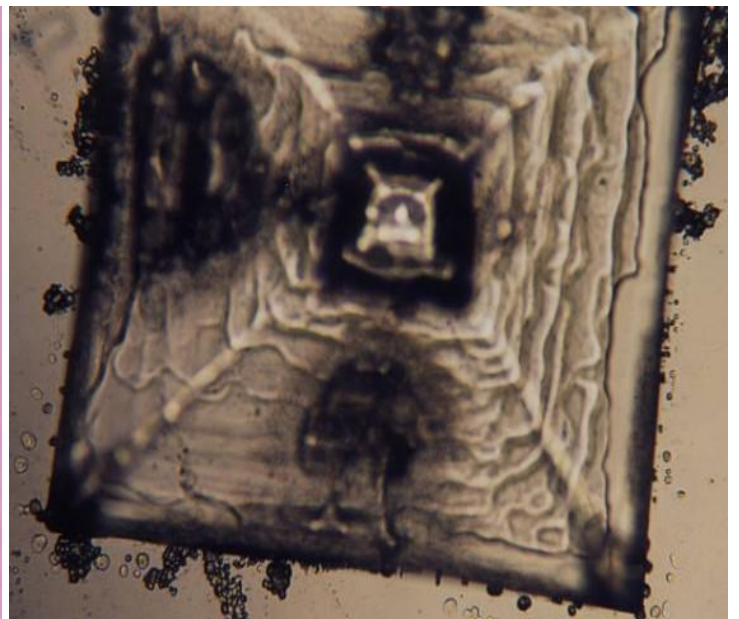


El siguiente cristal hallado en vacunas Covid muestra forma de "X" y de "+". Una doble cruz cruzada. Se puede percibir un aparente descorche de placas en abertura con apariencia de "hojas de libro". El descorche ocurre cuando empieza a deshacerse, generando "triángulos desechos", y luego "puntas de flechas o lanzas", "espinas de pescado", y "tapices fractales".

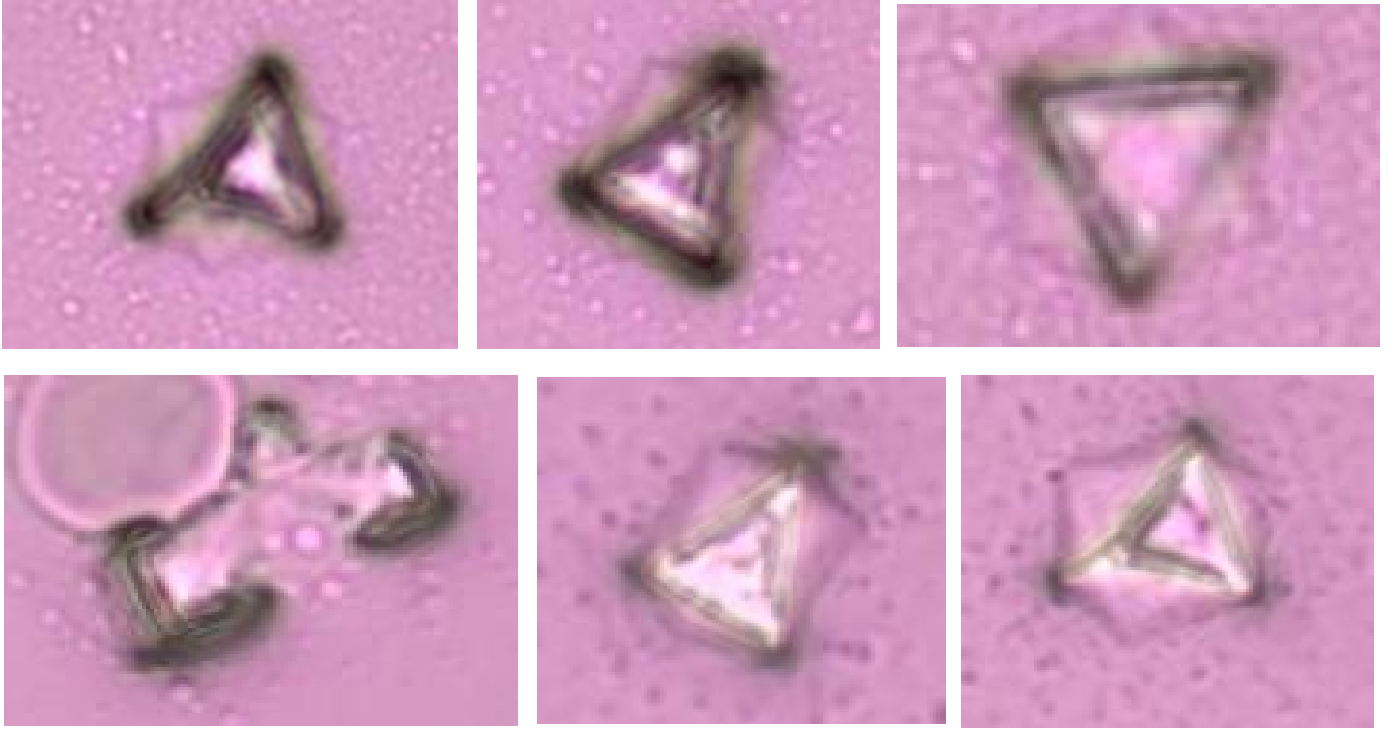
**Cristal vacuna Covid**



**Cristal de sal**

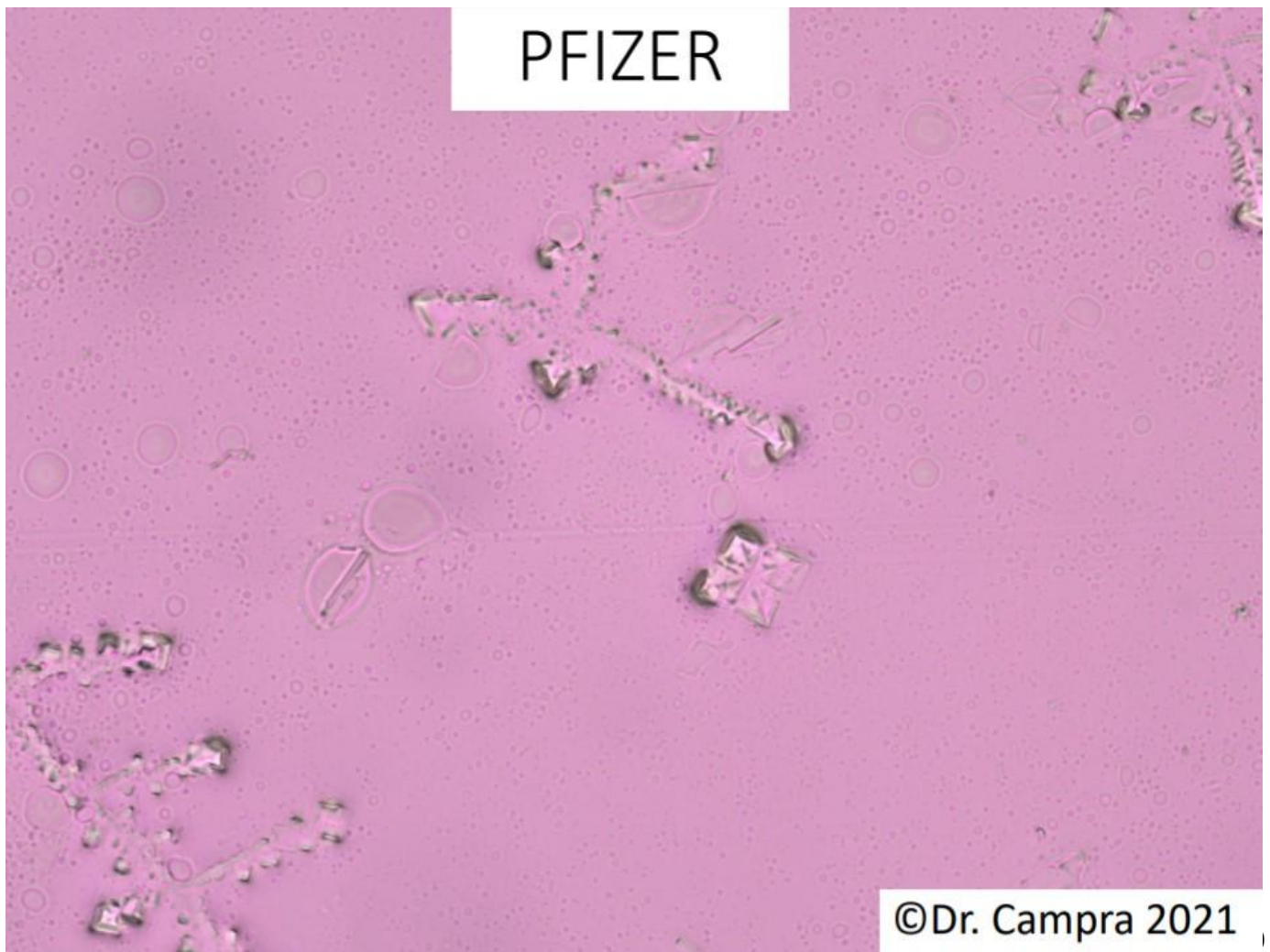


## Triángulos deshechos de cristales Covid



## Cristales desechos con forma de “espinas de pescado”

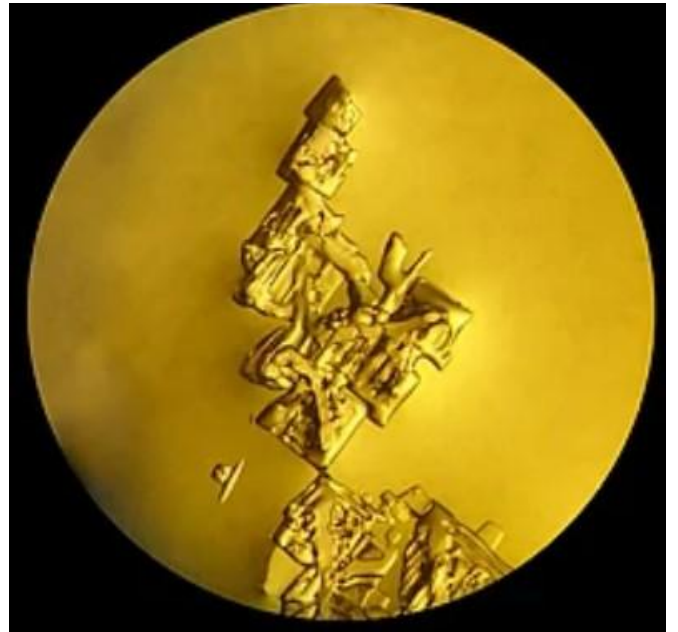
En la siguiente imagen se puede apreciar el cristal cuadrado cruzado descorchado junto a tiras de triángulos fractalizados autoensamblados desechos con formas que nos pueden recordar a “flechas y lanzas con puntas” o “espinas de pescado”.



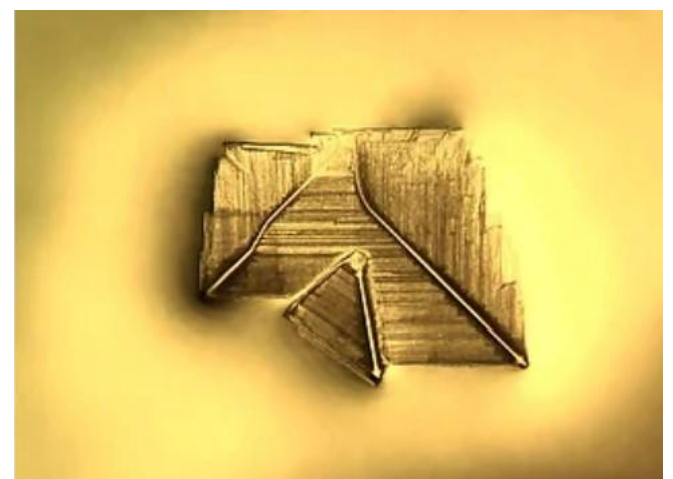
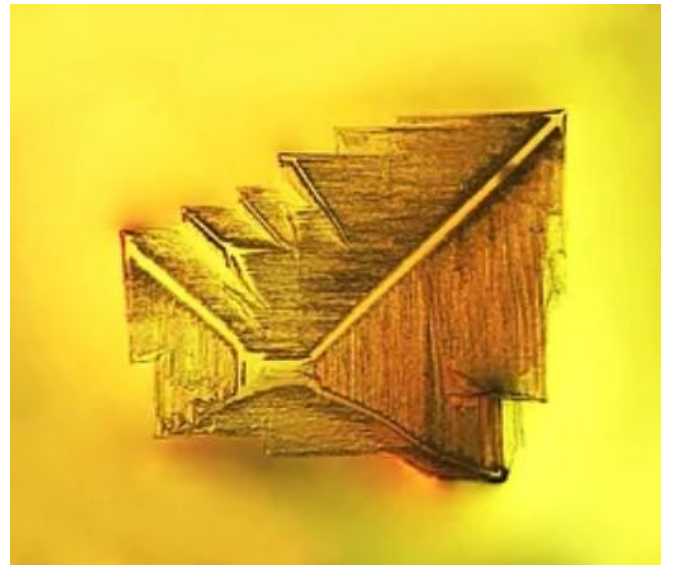
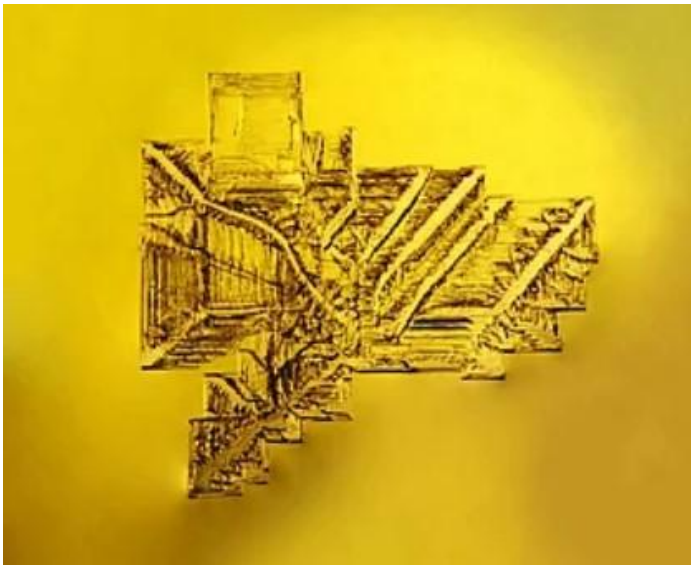
©Dr. Campra 2021

## “Espinas de pescado” y “puntas de flecha”

Cristales de sal desechos con formas de puntas de flecha fractales



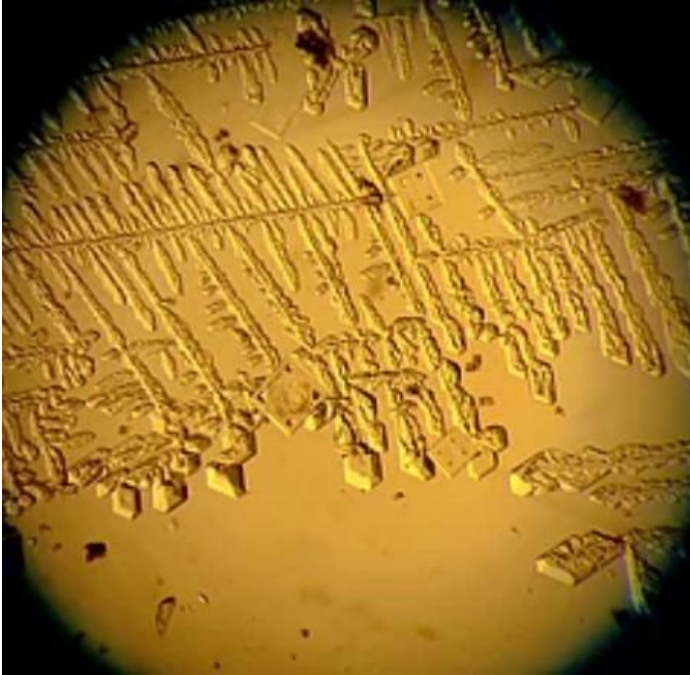
Cristales de sal desechos, rotos, quebrados, o fractalizando en forma de puntas de flecha y espinas de pescado.





Los cristales de sal se deshacen generando lo que parecen “espinas de pescado” con cabeza. Más tarde la cabeza desaparece generando un “tapiz de espinas”.

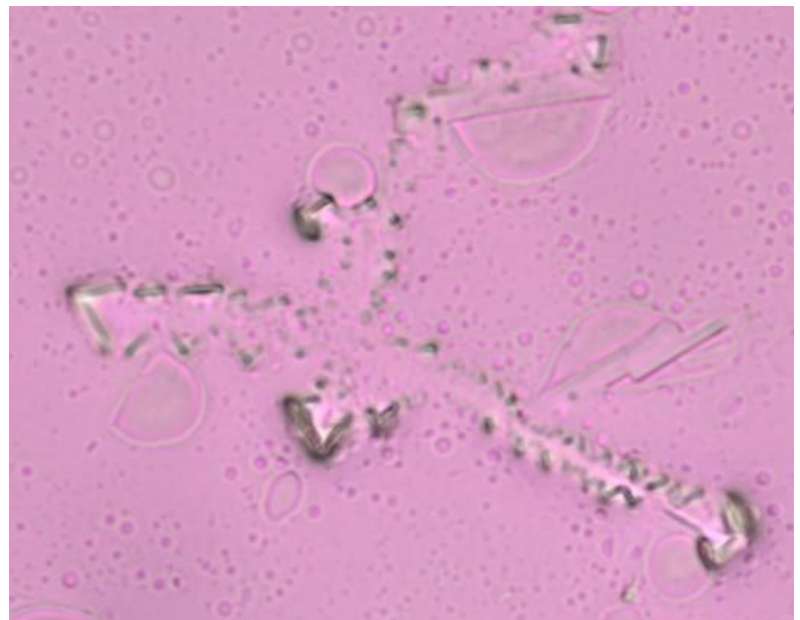
**Cristales de sal**



**Cristales vacuna Covid**



**Cristales vacunas Covid**

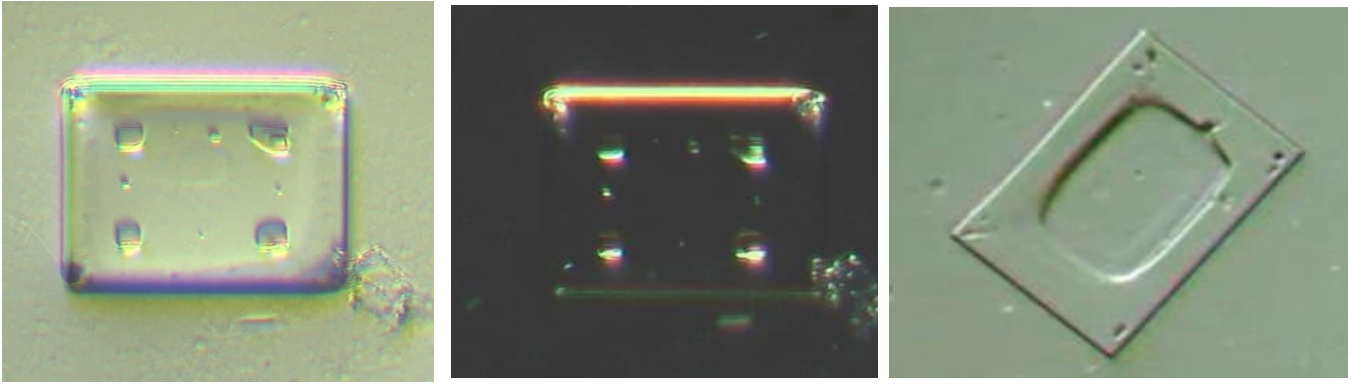


\* Obsérvese en la imagen anterior de **cristales de sal**, entre el tapiz, cristales cuadrados con 4 puntos. Al deshacerse y secarse, los cristales de sal muestran en ocasiones -entre las espinas de pescado- rectángulos o **cuadraditos con 4 puntos tipo dados**.

**Cristales de sal**



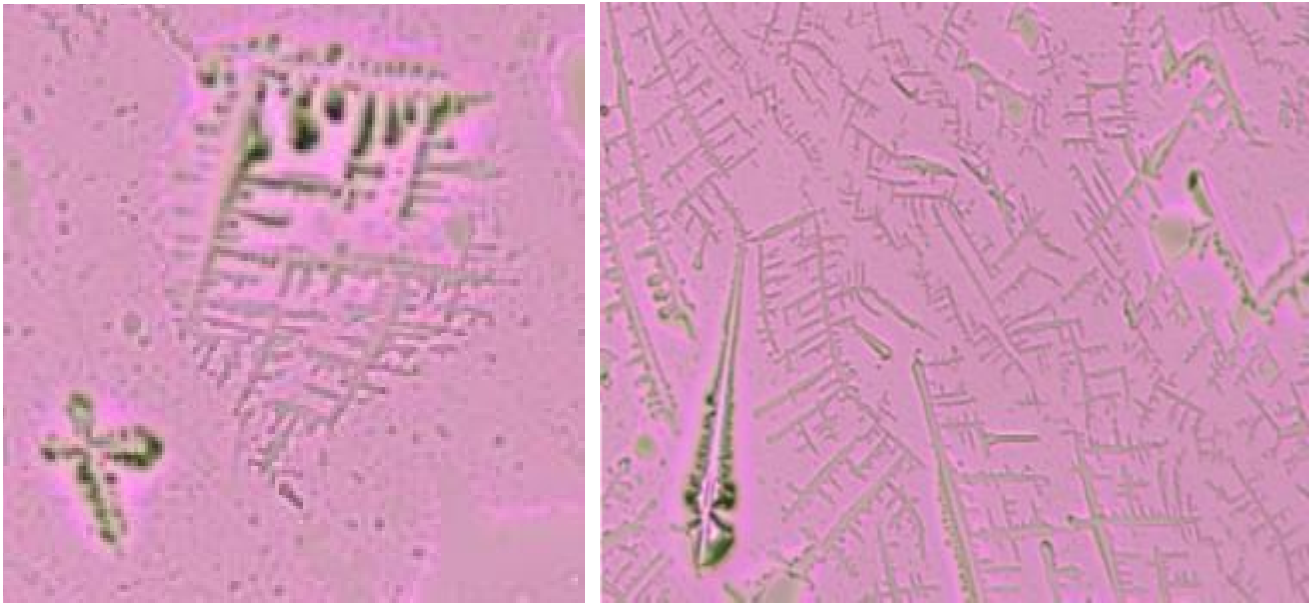
### Cristales vacuna Covid



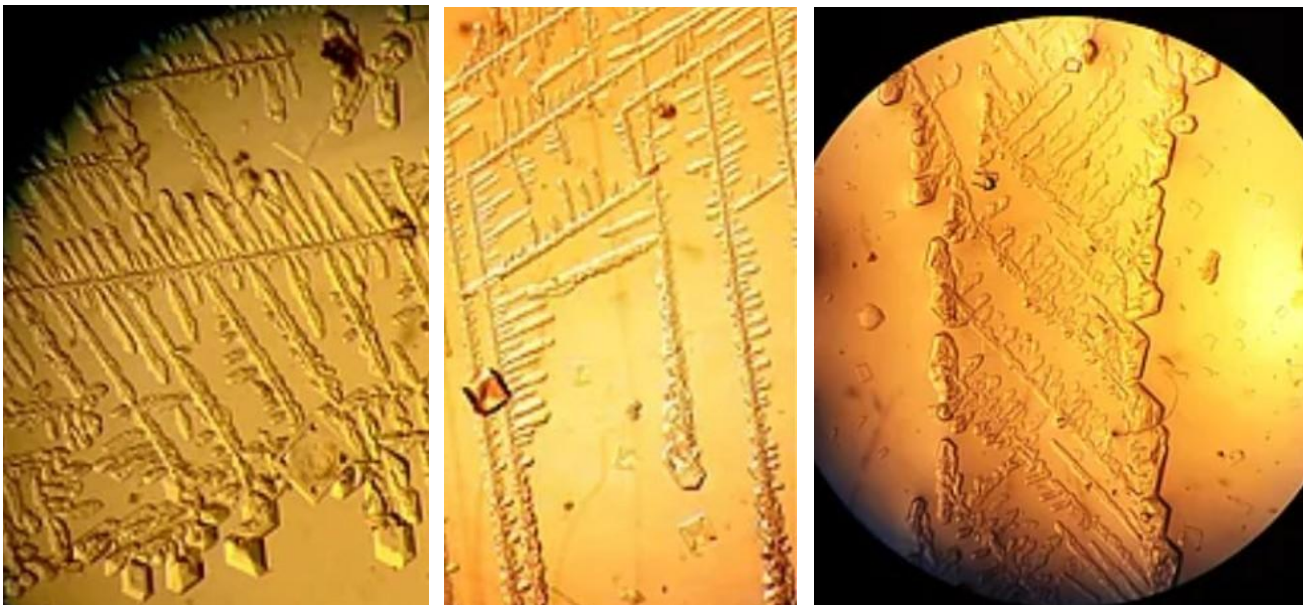
### “Tapices de espinas fractales”

En las siguientes imágenes de cristales Covid se puede apreciar las formas de “flechas” o “espinas de pescado” (quedando alguna aún con cabeza) y como se deshacen generando el “tapiz fractal”.

### Cristales vacuna Covid

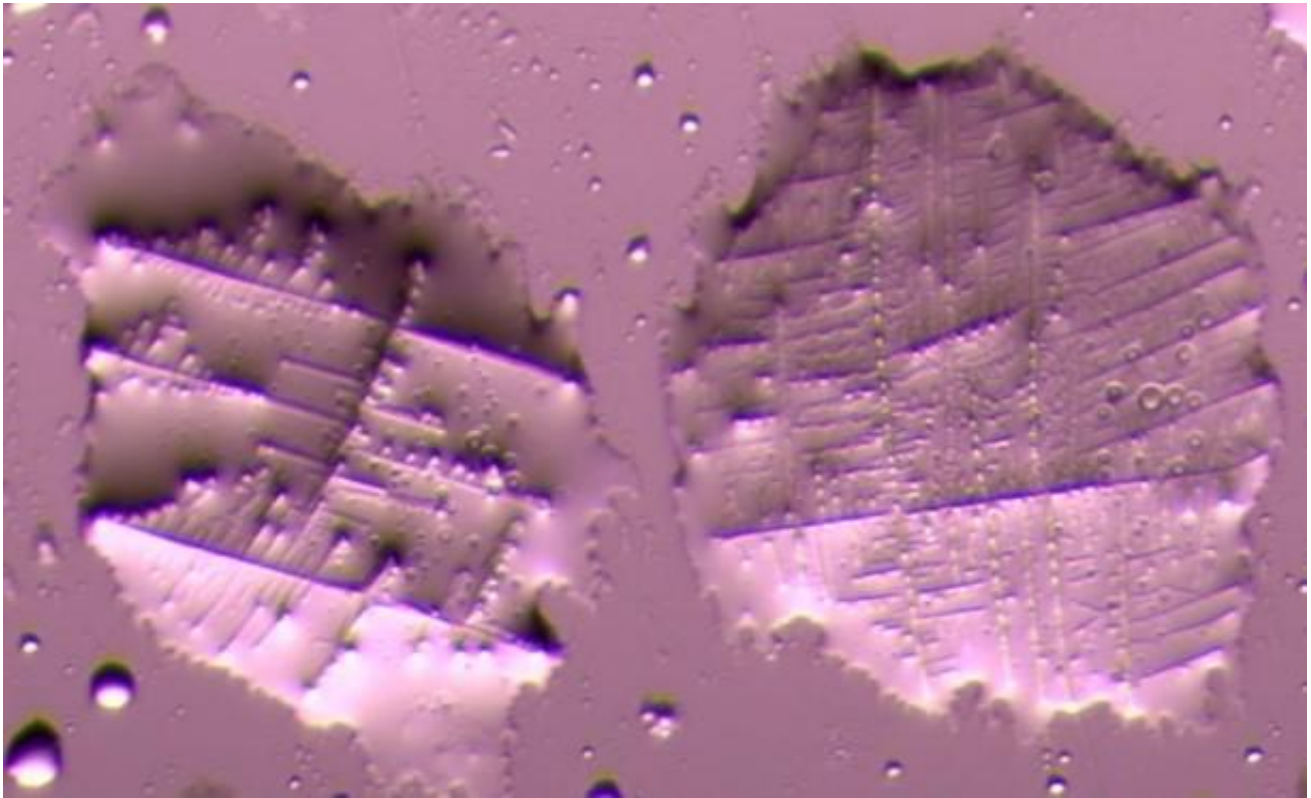


### Cristales de sal



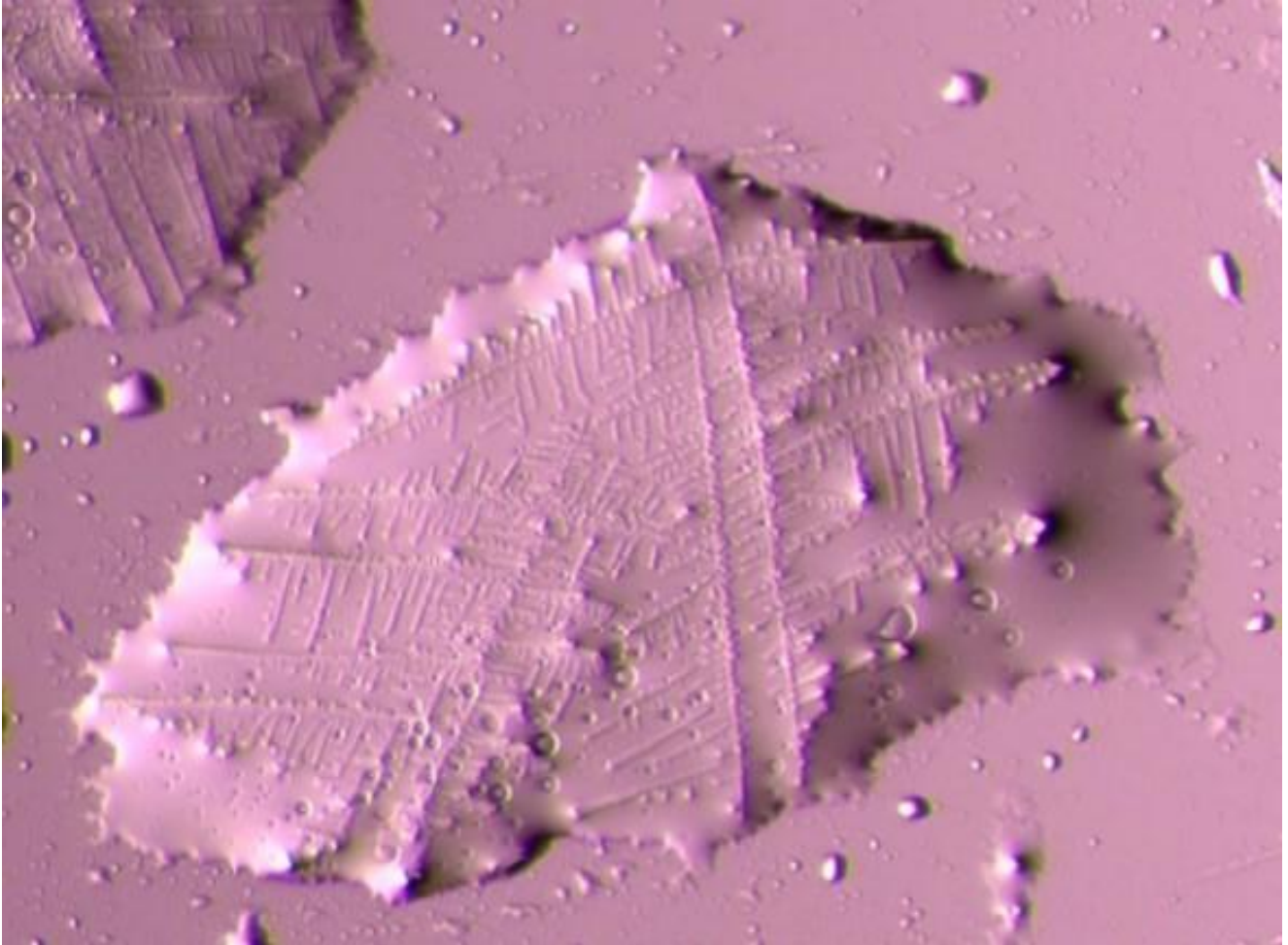
## Tapiz de espinas fractal

### Cristales vacunas Covid

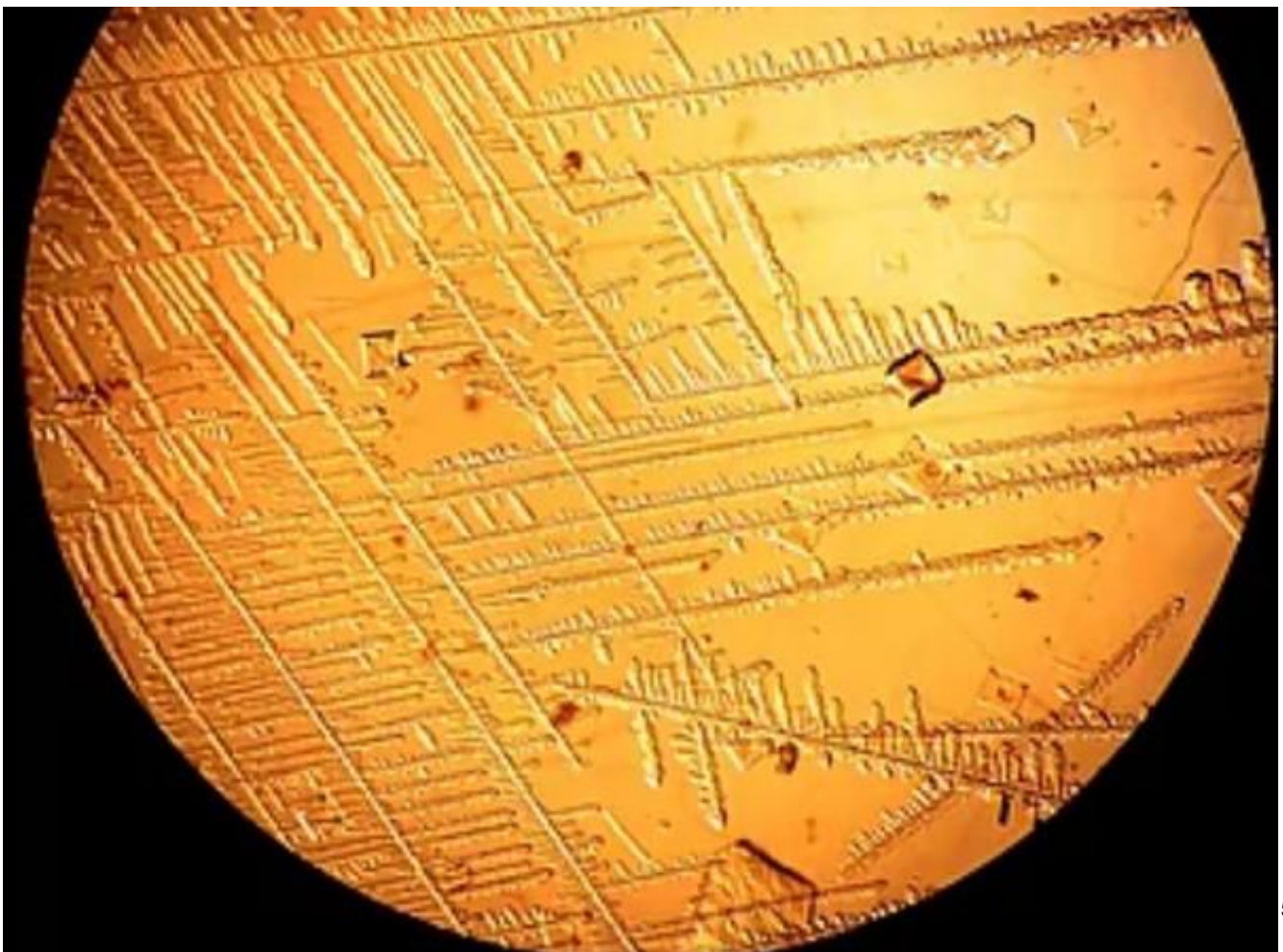




**Cristales vacunas Covid**



**Cristales de sal**



## FIN DE LA PARTE 1

Resultados

---

### Resultados

**Los cristales hallados en vacunas Covid, podrían ser cristales de sal.**

**La literatura científica fotográfica de cristales de sal, muestra una clara similitud coincidente de una u otra forma con prácticamente todos los cristales Covid hallados.**

**Existen dudas razonables en algunos cristales.**

**En la PARTE 2 haremos un repaso del nivel tecnológico actual en relación a biosensores, y será analizada la posibilidad de introducción -infiltrados entre cristales de sal- de alguna especie de nano o micro dispositivo tipo biochip microfluídico plasmónico biosensor de detección biológica.**

**NOTA DEL AUTOR.** Como veremos a continuación, la tecnología existe desde hace entre 1 y 2 décadas. No solo no es descabellado pensar en la introducción de estos, sino que personalmente opino que sería descabellado pensar que no se han introducido. Puesto que dichos biosensores -bajo parámetros médicos Pasteurianos- serían una herramienta de trabajo muy eficientes para obtener datos biomédicos a pequeña o gran escala, en grupos poblacionales concretos o genéricos, en zonas determinadas o lugares amplios, o en individuos concretos, que serían de gran utilidad en el marco de una supuesta situación de pandemia mundial.

**Estos datos biomédicos podrían ser obtenidos introduciendo biochips microfluídicos poliméricos en vacunas Covid que pasarían desapercibidos entre cristales de sal por la gran similitud entre ambos.**

---

**D.P.; OBSERVACIÓN:** La sal (NaCl, cloruro de sodio) es usada como facilitador para dispositivos basados en grafeno. Una sustancia tan cotidiana como la sal, cloruro de sodio, se puede utilizar para proteger capas de grafeno y desacoplarlas de un sustrato metálico. Es una forma sencilla de intercalar sodio bajo el grafeno, que también es reversible y permite recuperar el grafeno, situándonos un paso más cerca para que el grafeno sustituya al silicio en dispositivos electrónicos.

**Depositando una fina capa de sal sobre el grafeno se ha probado su potencial como protector barato para el grafeno contra condiciones ambientales.**

## PARTE 2 - Posibles biochips microfluídicos plasmónicos

Posibles biochips microfluídicos plasmónicos programables de papel-cristal polimérico microestructurado autoensamblables nano-enrutadores de gotas y puntos cuánticos para redes intraorgánicas inalámbricas de biocircuitos híbridos ferrofluídicos introducidos en vacunas Covid infiltrados entre cristales de sal.

*Exploramos la posibilidad de la existencia de **biochips microfluídicos** introducidos en vacunas Covid. Infiltrados entre cristales de sal.*

*Como finalidad de la introducción de estos, se hipotetiza alguna de las utilidades de los biochips ya conocidas en el mundo de la medicina y la bioinformática pero, aplicadas en secreto a gran escala sobre grandes grupos poblacionales.*

*Dejando la puerta abierta a una posible utilidad y finalidad desconocida e innovadora, puesto que la literatura científica publicada siempre está a niveles de conocimiento tecnológico por debajo de lo que realmente es sabido, desarrollado y NO publicado por la industria Farmamentística. **Por lo que los nano-biochips de última generación podrían tener funciones desconocidas.***

### Introducción

Los biochips y la microfluídica están directamente relacionados con la Inteligencia Artificial.

En 1950 se produce el nacimiento real de la inteligencia artificial, cuándo Norbet desarrolló el principio de la retroalimentación.

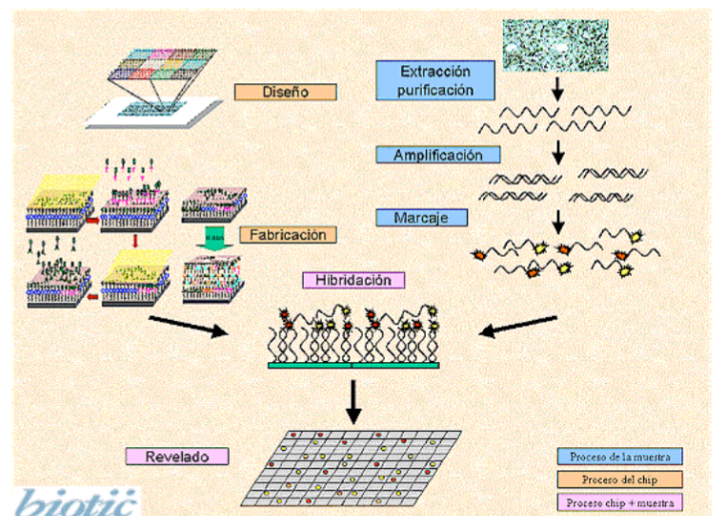
**La palabra biochip tuvo sus inicios en la década de 1960, al inmovilizar muestras genéticas (moléculas de ADN, ARN, proteínas, etc.) sobre soportes sólidos.**

Los biochip son dispositivos similares a los microchip de computadoras, aunque con una amplia gama de funciones para la medicina.

**Los biochip realizan millones de reacciones biológicas como descodificar genes en segundos.**

Algunos ejemplos de las técnicas empleadas para la fabricación de estos dispositivos descritos son:

- Fotolitografía
- Localización electrónica
- Robots piezoeléctricos



Algoritmos informáticos descifran el patrón de puntos producido por el biochip. Los Labchips (*Laboratori en un chip*) pueden considerarse como "microchips analíticos". Estos dispositivos están siendo empleados para la realización, entre otras, de las siguientes reacciones:

- Cromatografías
- PCR
- Detección de antígenos
- Citometrías
- Purificación de muestras de ADN y ARN

## APLICACIONES

- **Monitorización de expresión génica:** posibilita la cuantificación simultánea de la expresión de un número elevado de genes.
- **Detección de mutaciones y polimorfismos:** permite el estudio de todos los posibles polimorfismos y la detección de mutaciones en genes complejos.
- **Secuenciación:** se pueden utilizar para secuenciación y/o control de calidad re-secuenciación de ADN.
- **Diagnóstico clínico:** estudiar los mecanismos de resistencia frente a antibióticos, identificación de las cepas, identificar nuevas dianas génicas.
- **Screening y toxicología de fármacos:** el empleo de los biochips permite el analizar los cambios de expresión génica que se dan durante la administración de un fármaco de forma rápida así como la localización de nuevas posibles dianas terapéuticas y los efectos toxicológicos asociados.
- **Seguimiento de terapia:** permite valorar rasgos genéticos que pueden tener incidencia en la respuesta a una terapia, que invitasen a una variación en la misma o a su supresión en determinados casos.
- **Medicina preventiva:** el conocimiento de los rasgos genéticos de las poblaciones permitiría conocer la predisposición a sufrir algunas enfermedades, antes de que aparezcan síntomas, permitiendo así la realización de una mejor y auténtica medicina preventiva. Se pueden realizar estudios de epidemiología genética.

## VENTAJAS

Las *ventajas* más características de las tecnologías basadas en biochips se pueden enumerar en los siguientes epígrafes:

- Alto rendimiento y capacidad
- Baja relación coste/eficiencia
- Alta especificidad y sensibilidad
- Permiten realizar ensayos con enfoques cuantitativos
- Ensayos reproducibles y transportables
- Paralelismo, realizar ensayos simultáneos utilizando muestras diferentes
- No se precisa un elevado coste en reactivos
- Se pueden conservar por más tiempo entidades biológicas raras, al emplearse cantidades microscópicas

Los biochips micromezcladores de microflúidos pueden ser impulsados por campo de presión, campo acústico, campo magnético, campos eléctricos y controlados por campos térmicos.

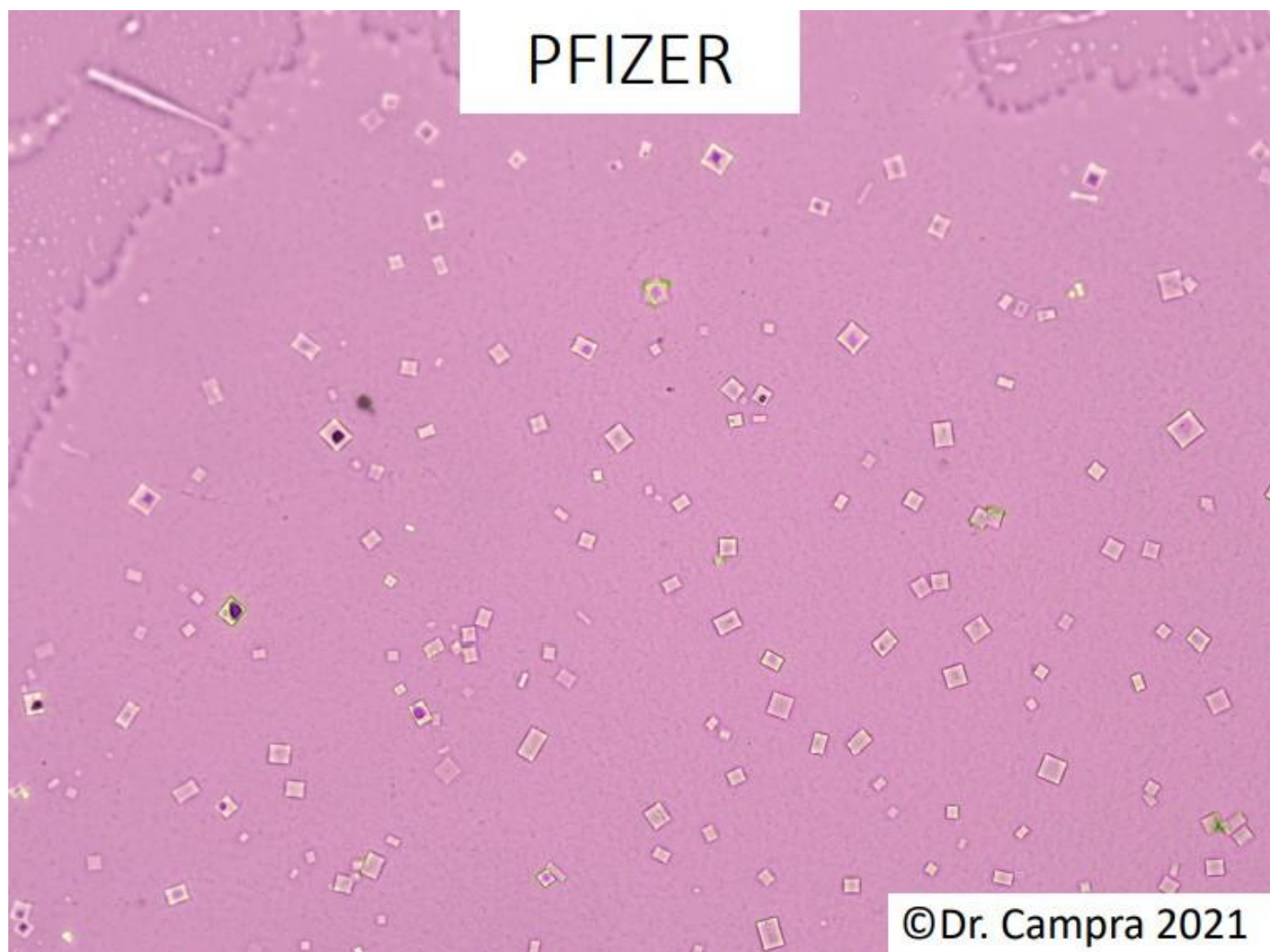
## Comparativa observacional

Comparativa visual entre posibles elementos de nano-papel-cristal encontrados en las vacunas Covid y biochips microfluidos poliméricos.

**La caracterización observacional de un biochip puede describirse como una placa plana cristalina translúcida transparente o semi-transparente en forma cuadrada rectangular. Se utilizan polímeros para la fabricación de estos y constan de diversas placas acopladas unas a otras como páginas de un libro con canales y celdas para los microfluidos utilizados en los micromezcladores que pueden estar en forma de fluido microburbujante.**

Los chips de papel también son translúcidos transparentes o semi-transparentes y de formas cuadradas rectangulares planas. La sanidad de Finlandia y Suecia los incluyen en frascos de medicinas y así controlan, aparte de su caducidad, si el paciente se toma las píldoras.

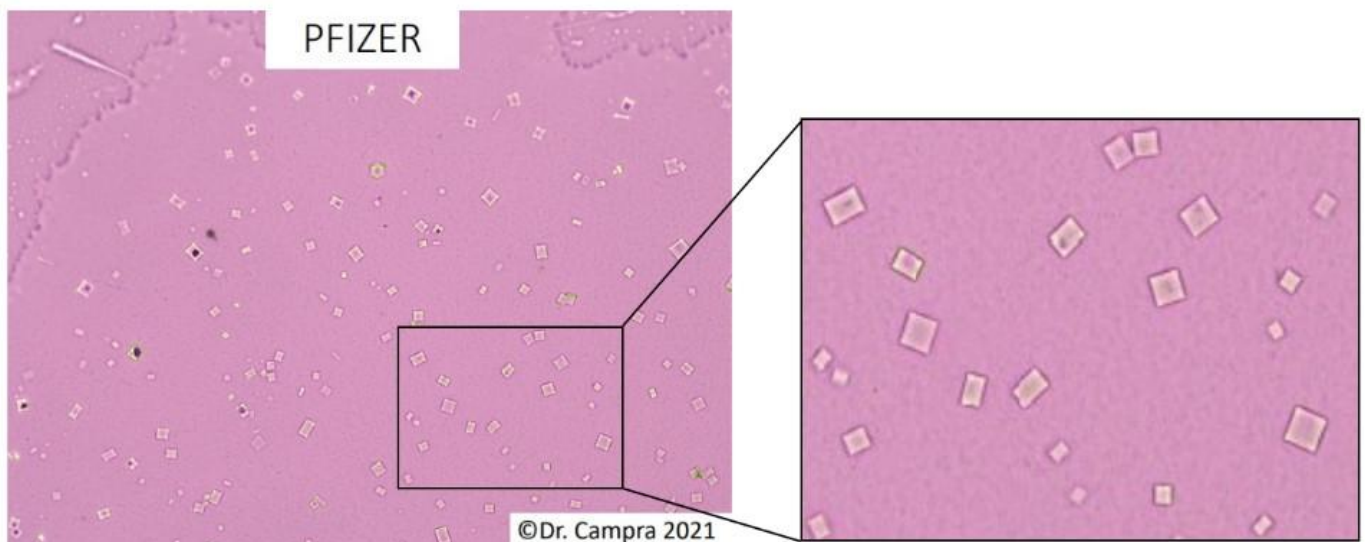
**Estos chips servirán para que a la industria le salga a cuenta incrustar un chip -por ejemplo en un huevo- a un coste ínfimo.** Los chips de papel y biochips planos translúcidos, captadores/emisores de datos, son claves para el desarrollo de la Inteligencia Artificial y la instauración de la IoT (el Internet de las Cosas). Serán introducidos *en todas las cosas* (incluyendo en “cosas” a los seres humanos).



## Similitudes entre los cristales Covid y biochips microfluídicos poliméricos

Las semejanzas entre los ya observados cristales de sal, los cristales hallados en vacunas Covid, y -como veremos a continuación- biochips microfluídicos poliméricos, es muy similar, por lo tanto no se puede descartar la introducción de alguna especie de biochip microfluídico de papel-cristal polimérico de escala nanométrica o micrométrica en las vacunas Covid.

- Apariencia de papel / cristal
- Forma cuadrada / rectangular
- Estructura de placa plana
- Transparencia o semi-transparencia
- Percepción de marco en estructura translúcida
- Estructura sólida o semi-sólida
- Formación en diversas placas acopladas
- De medidas milimétricas, micrométricas, y hasta nanométricas
- Apariencia de contención de algún tipo de microfluido
- Relacionado con; y acompañado de; microburbujas
- Usado en aplicaciones médicas muy relacionadas con posibles situaciones pandémicas
- Raíles, carriles, o canales en forma de circuitos
- Utilizados para instaurar la red global interconectada de todas las cosas (IoT) controlada por inteligencias no humanas (I.A o I.H - Inteligencia Artificial o Inteligencia Híbrida)

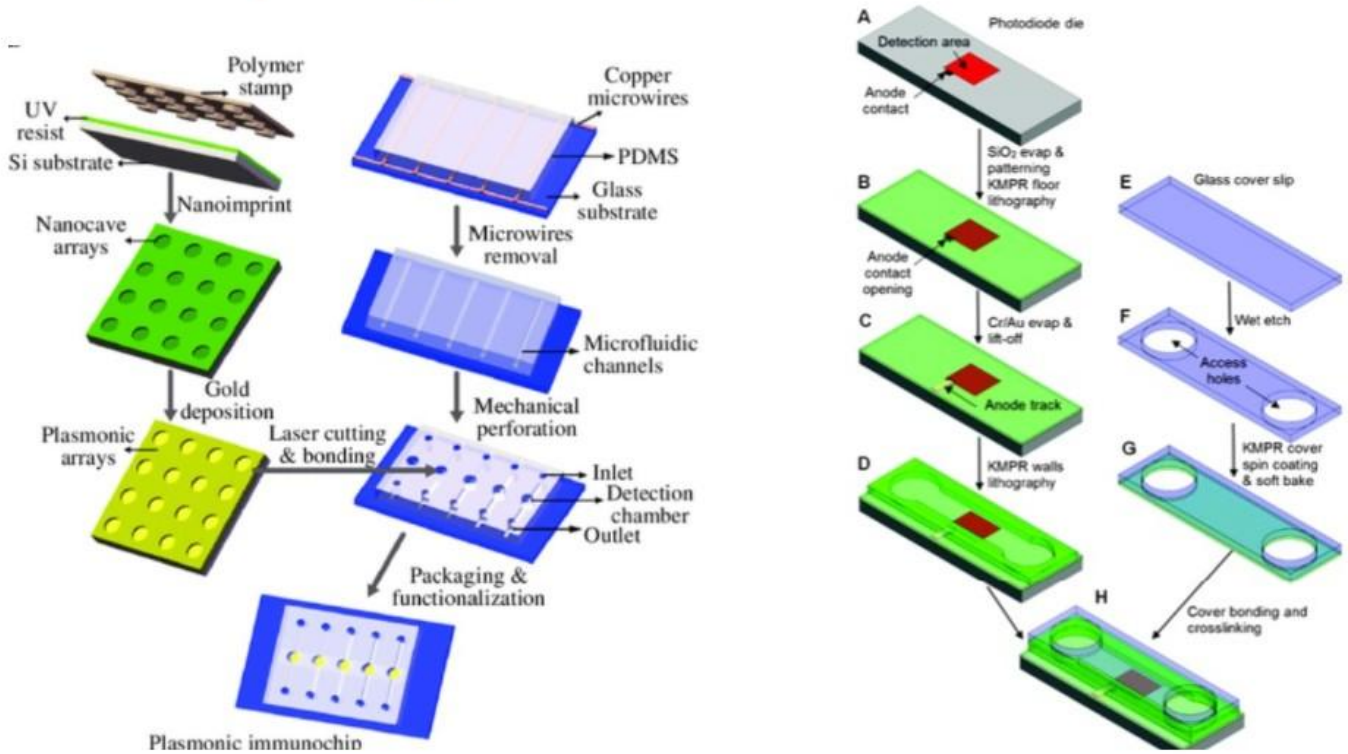


## Los biochips microfluídicos están formados por diversas placas acopladas

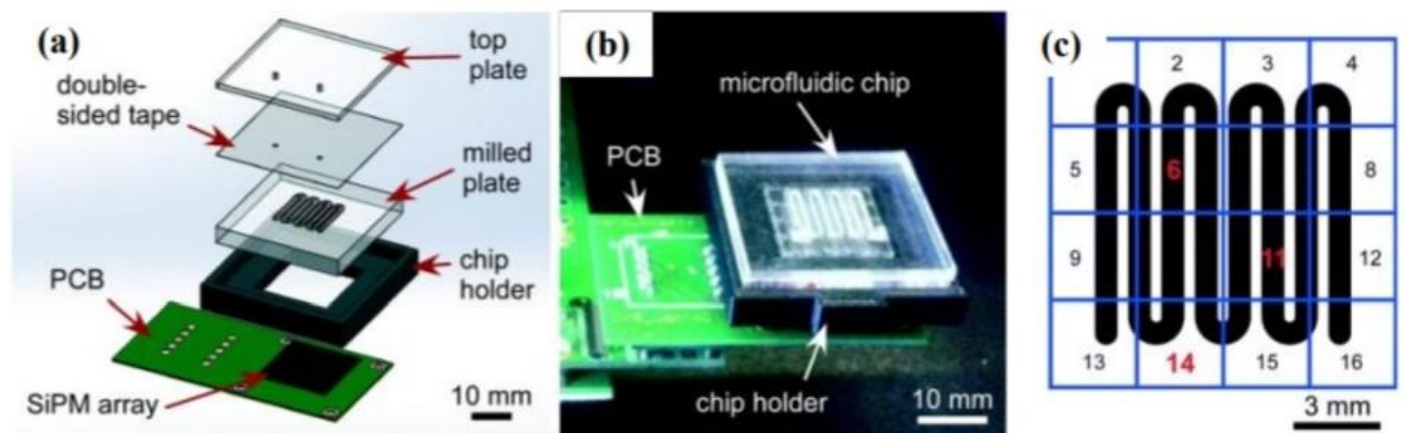
Las nanopartículas plasmónicas son partículas metálicas de dimensiones nanométricas cuya densidad electrónica puede acoplarse con la radiación electromagnética.

Se pueden utilizar fotomultiplicadores de silicio para la detección de radiactividad en el interior de un chip con canales microfluídicos.

## Biochip plasmónico en combinación con nanoimpresión y microfluidos



**Figura 2.19** Esquema con las diferentes capas del sistema, donde se representa el posicionamiento de los canales microfluídicos sobre el sensor de radiación [23].



**Figura 2.17** (a) Esquema del chip con sus distintas partes. (b) Fotografía del chip microfluídico sobre el array SiPM. (c) Distribución de los sensores bajo el chip [97].

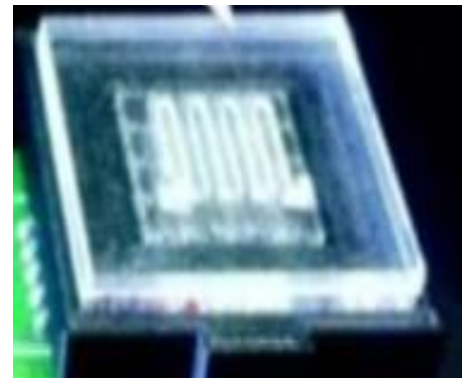
Cristal vacuna Covid



Cristal de sal

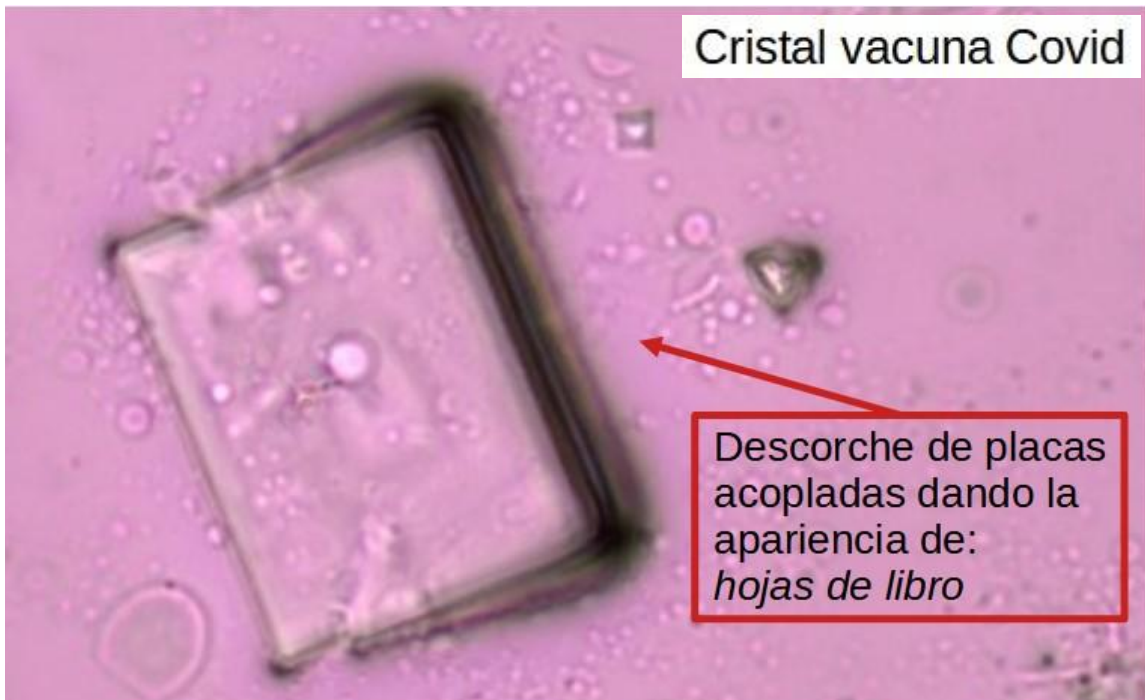


Cristal polimérico biochip



### Descorche de placas en forma de “hojas de libro”

En diversos cristales, además de la estructura cuadrada / rectangular transparente o semi-transparente con marco, también se puede apreciar su formación en base a placas planas superpuestas unas encima de otras. **Y también podemos observar un descorche de estas placas**, que parece iniciarse abriéndose en los bordes laterales y puntas, dando la apariencia de **“hojas de libro”**.

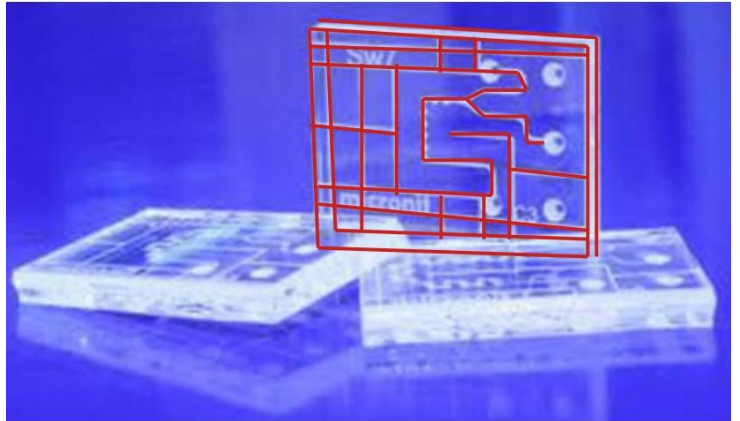
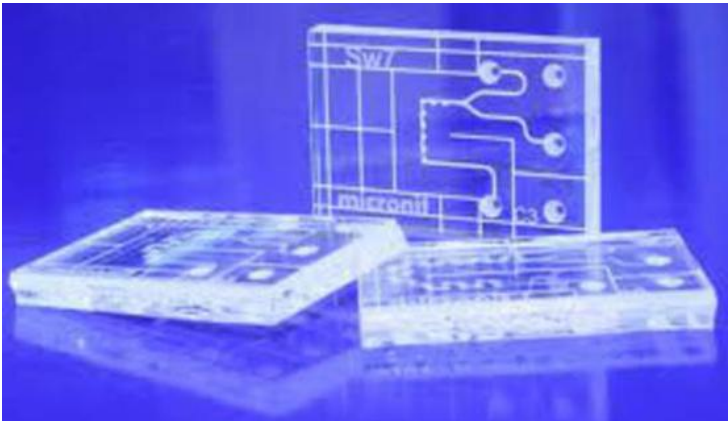




## Imágenes de biochips microfluídicos

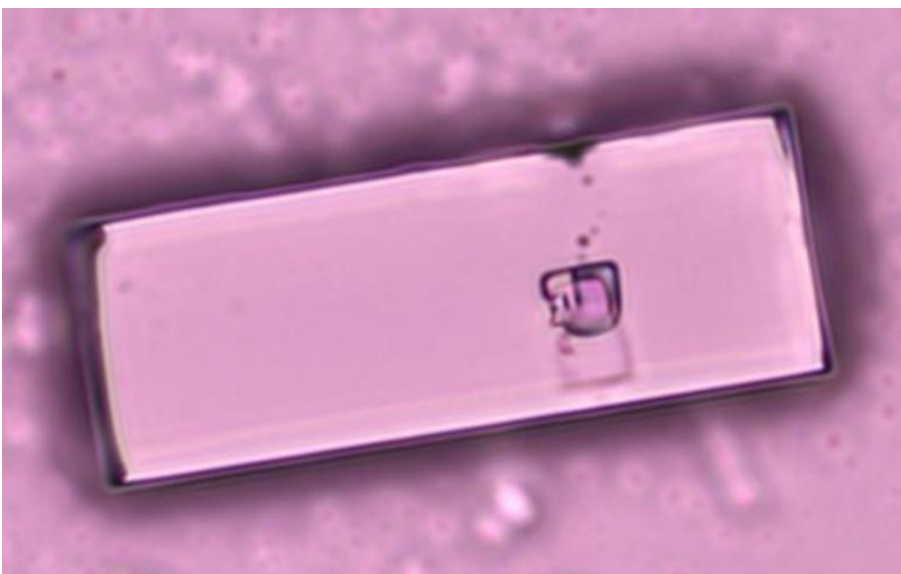
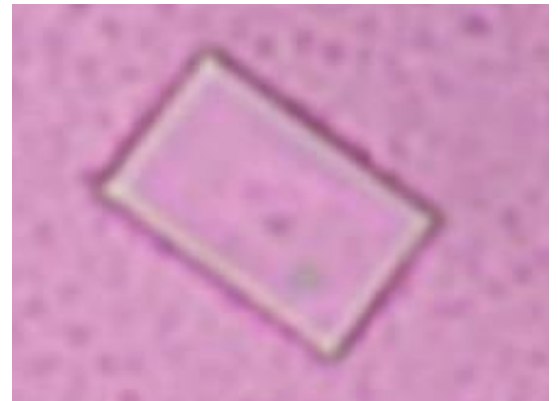
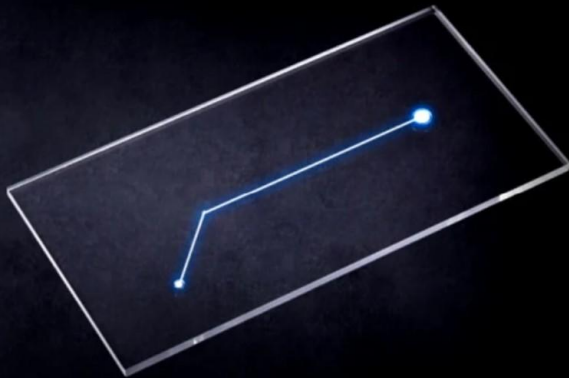
Existe una amplia gama de diferentes tipos de estructuras de biochips y canales para estos. De hecho, la misma palabra Biochip es empleada para describir una amplia gama de elementos relacionados con aplicaciones médicas del ámbito de la bioinformática.

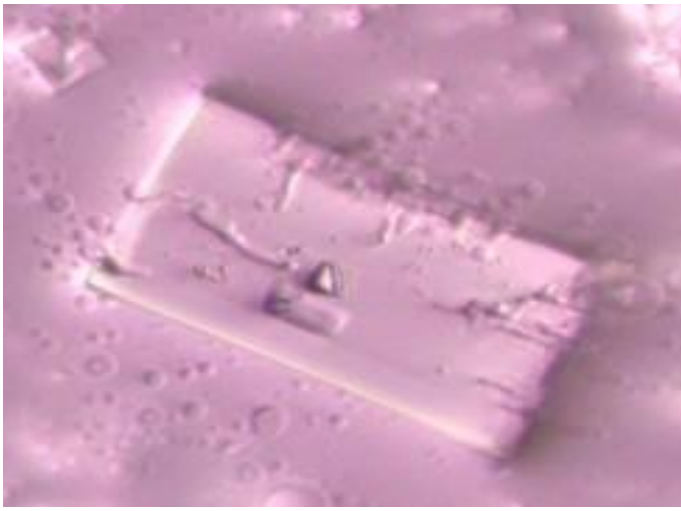
Hagamos un muestreo de diversos tipos de biochips. Pongamos atención a los rasgos característicos de estos, es decir; **forma de placa plana, cuadrada / rectangular, visualmente transparente o semi-transparente, percepción de marco en la estructura translúcida, formación en base a placas planas superpuestas acopladas, y diferentes tipos de estructuración de forma y canales o raíles para el microfluído que conforma el biochip en forma de circuitos líquidos.** (fondo roja cristales Covid)



### Microfluidic chip

High temperature resistance, pressure resistance, corrosion resistance, excellent mass and heat transfer performance





## DISTINTOS MODELOS DE BIOCHIPS MICROFLUÍDICOS

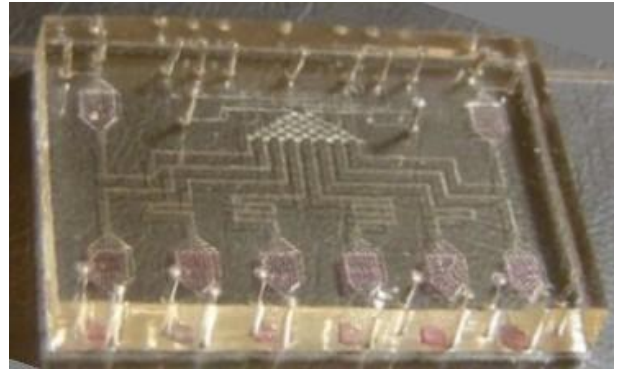


@InfoVacunas

## Biochips microfluídicos poliméricos

La microcircuitería puede tener formas diversas, algunas más complejas e intrincadas que otras. Algunos biochips microfluídicos son relativamente sencillos, con una sola forma de reacción iónica mientras que otros pueden tener varias cámaras de intercambio iónico diferentes para generar diversos tipos de reacciones.

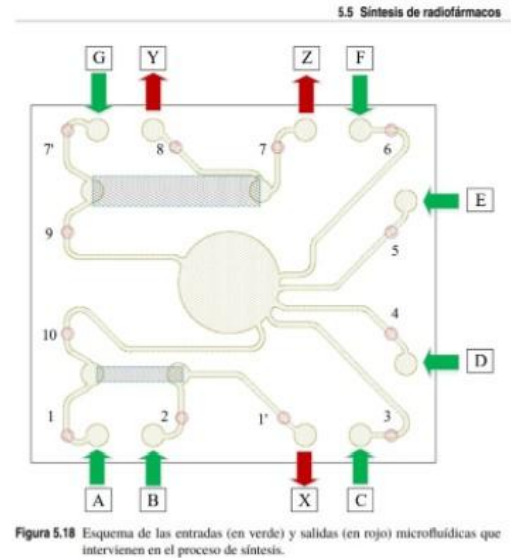
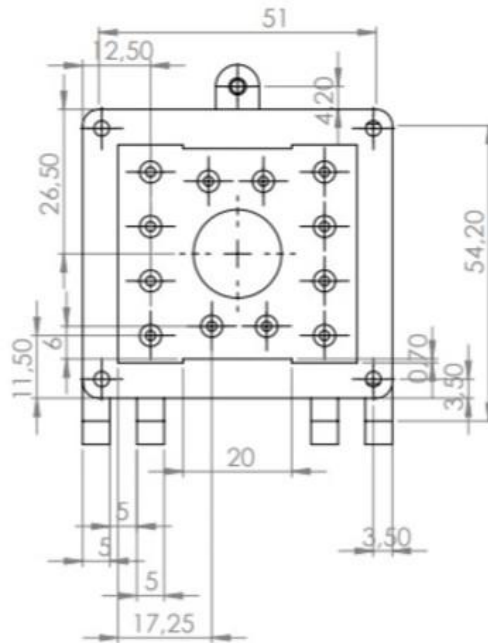
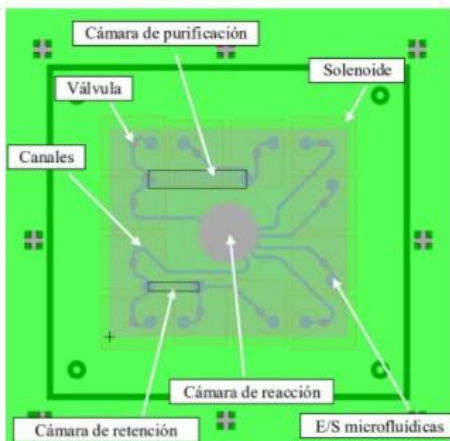
Las medidas van desde nanómetros, a micras y milímetros.



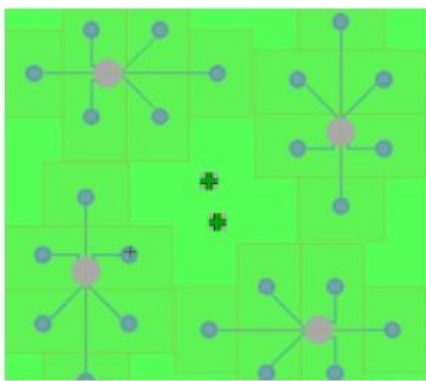
El fluido en microgotas se puede acumular en puntos determinados, lo que podría dar una apariencia al microscopio similar a los cristales mostrados en la Parte 1 de este informe en los que se apreciaba lo que parecía ser una **gota microfluídica acumulada**. Además, también se pueden percibir **4 puntos tipo dado**. En algunos cristales y máscaras de fabricación, se pueden observar 4, 6, o más puntos de absorción del microfluido.



## Biochips microfluídicos y máscaras de fabricación



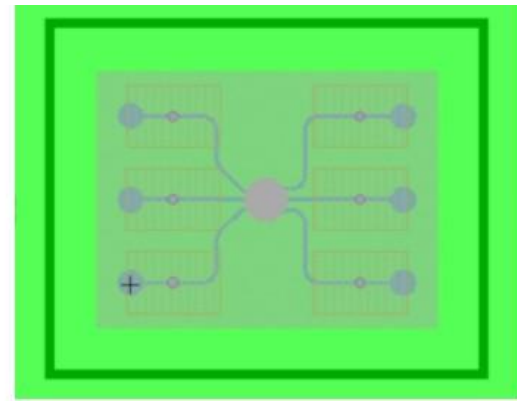
## Otro modelo de biochip microfluídico y su máscara de fabricación



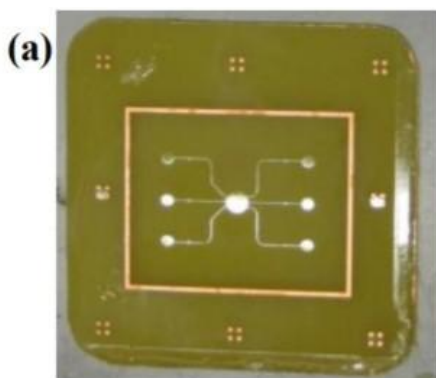
Máscaras para uno de los primeros prototipos del chip microfluídico.



Máscaras para las pruebas con las cámaras de intercambio iónico.



Máscaras para otro de los primeros prototipos del chip microfluídico.

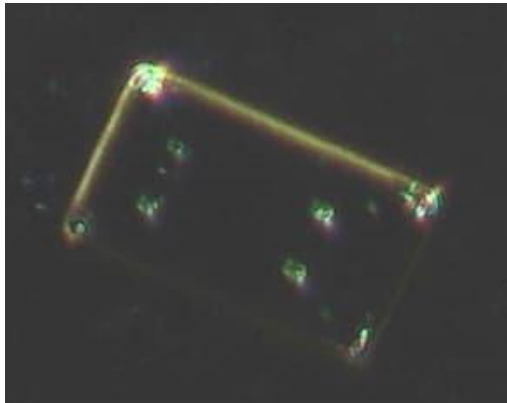


(a) Molde para el chip de PDMS fabricado en SU-8 sobre sustrato PCB. (b) Encapsulado en PLA empleado para que el chip de PDMS se fabrique con las dimensiones adecuadas. (c) Chip microfluídico fabricado en PDMS.

Obsérvese el sistema de punteado, de 4, 6, 8 puntos, o más, tipo dados. Y la forma del molde del biochip, con 4 puntos y hendidura plana absorbida.

## Cristales punteados tipo dado

Cristal vacuna Covid

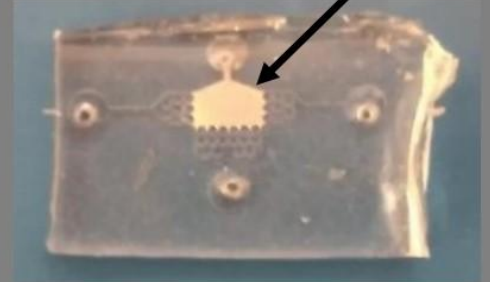


Biochip microfluídico polimérico

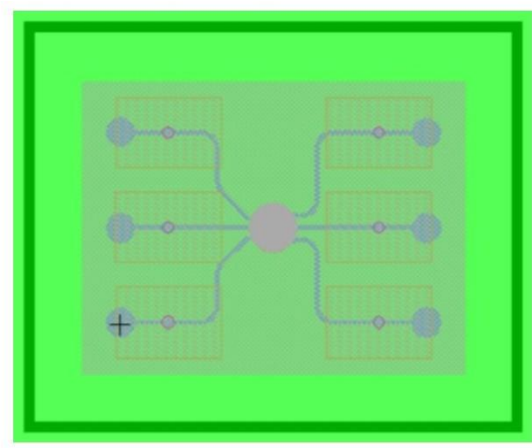
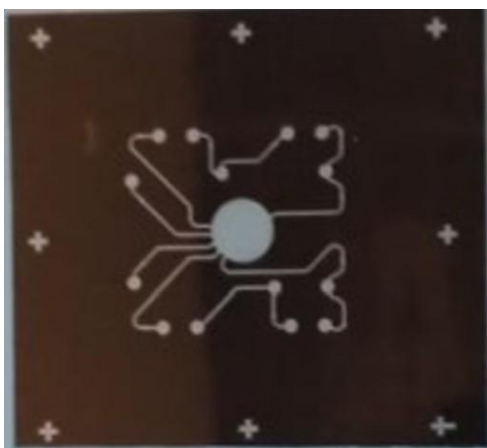
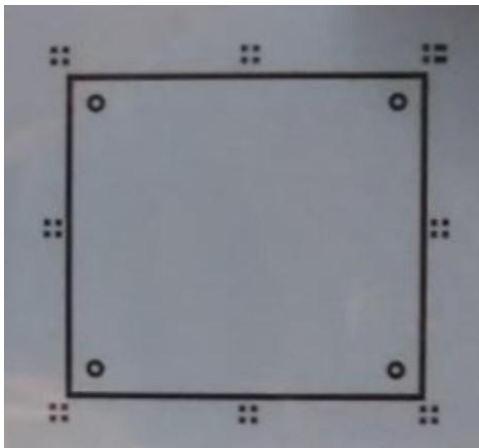
Sin microfluído



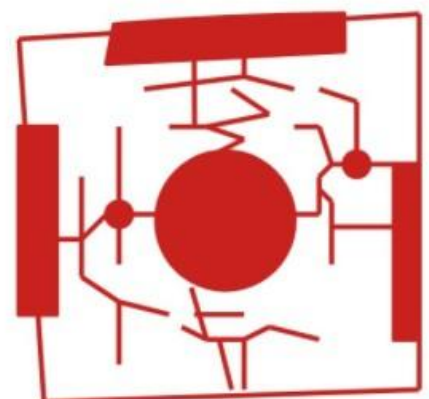
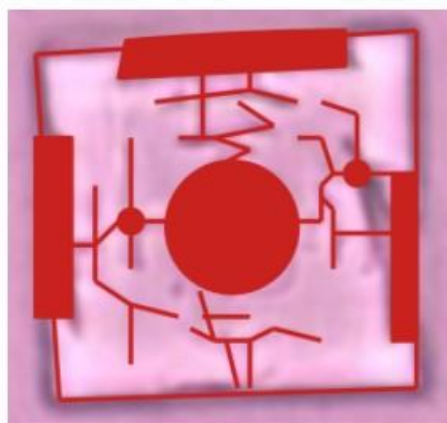
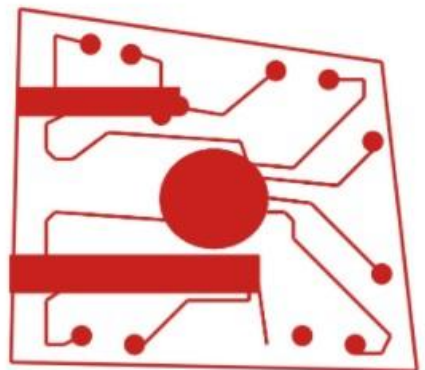
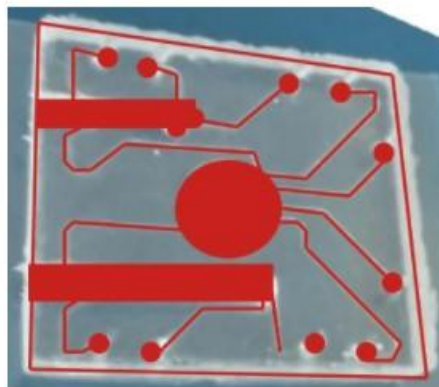
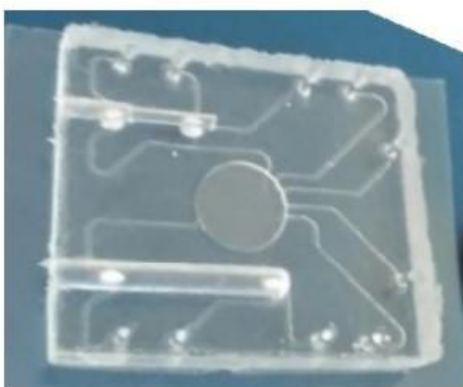
Microfluído acumulado



Máscara de fabricación de un biochip microfluídico. Proceso iniciado desde una máscara con 4 puntos tipo dado. El biochip final puede tener 3, 4, o más puntos.



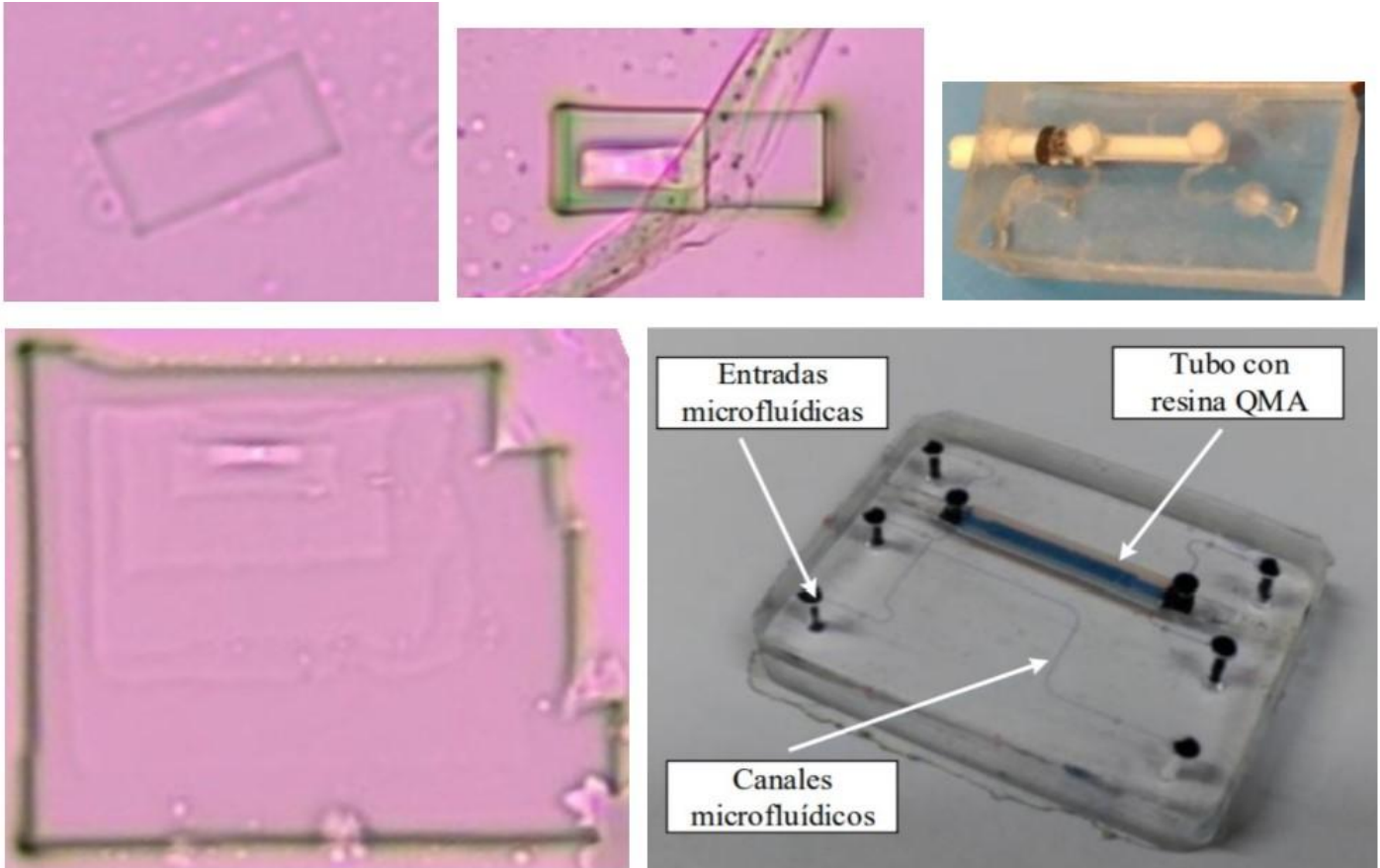
Biochip microfluídico polimérico (arriba) cristal vacuna Covid (abajo)



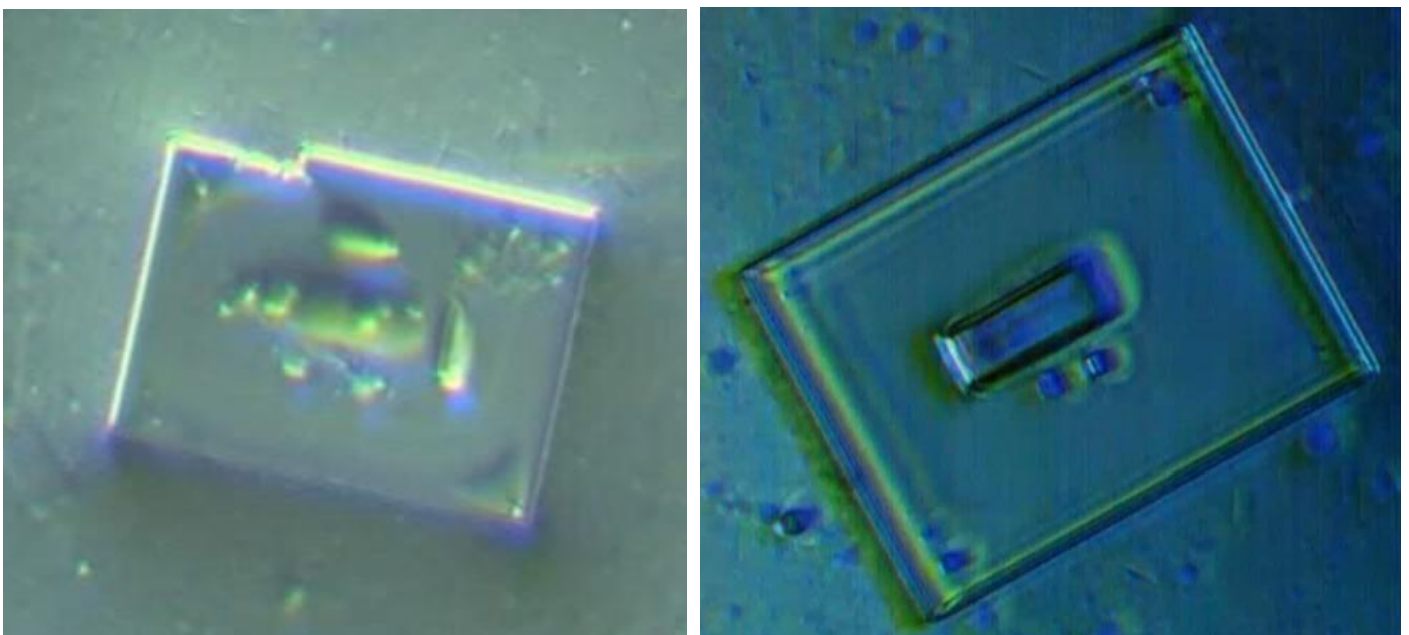
## Válvulas interiores alargadas

Entradas, canales, y tubos para los microfluidos que componen los biochip ensamblados en capas de polímeros.

## Cristales vacuna Covid (fondo rosa) y biochips microfluídicos

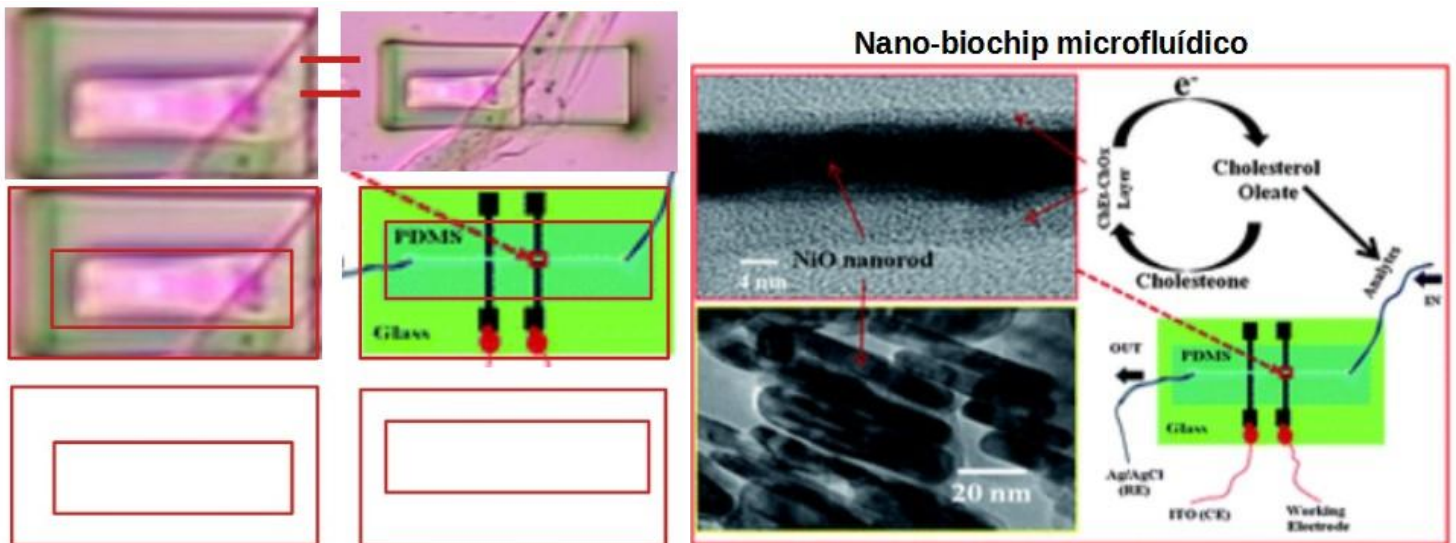


## Cristales vacuna Covid



## Nano-biochip microfluídico de grafeno

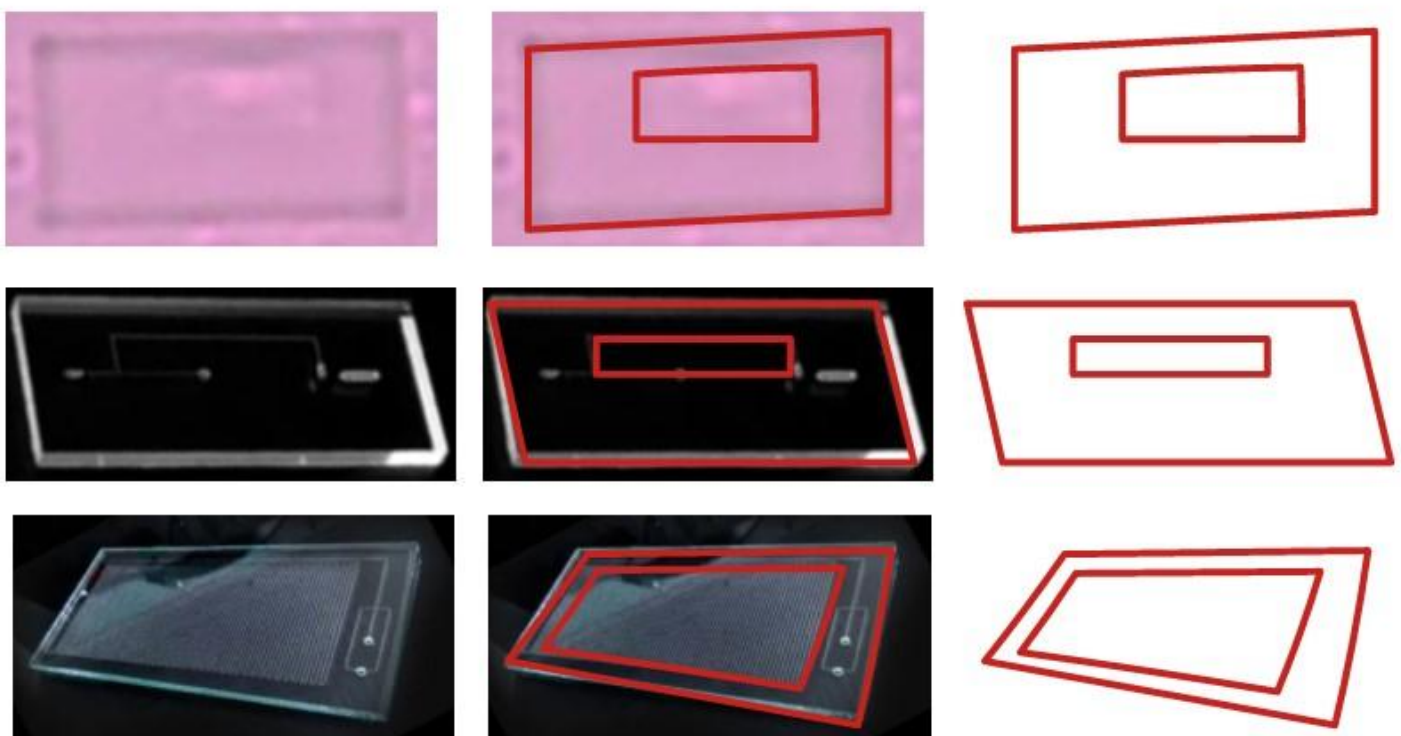
En un nuevo estudio computacional publicado en el *Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*, investigadores de ingeniería de la Universidad de Arkansas encontraron que los **nanocompuestos compuestos de capas de níquel y grafeno** son un nuevo material prometedor para dispositivos electrónicos.

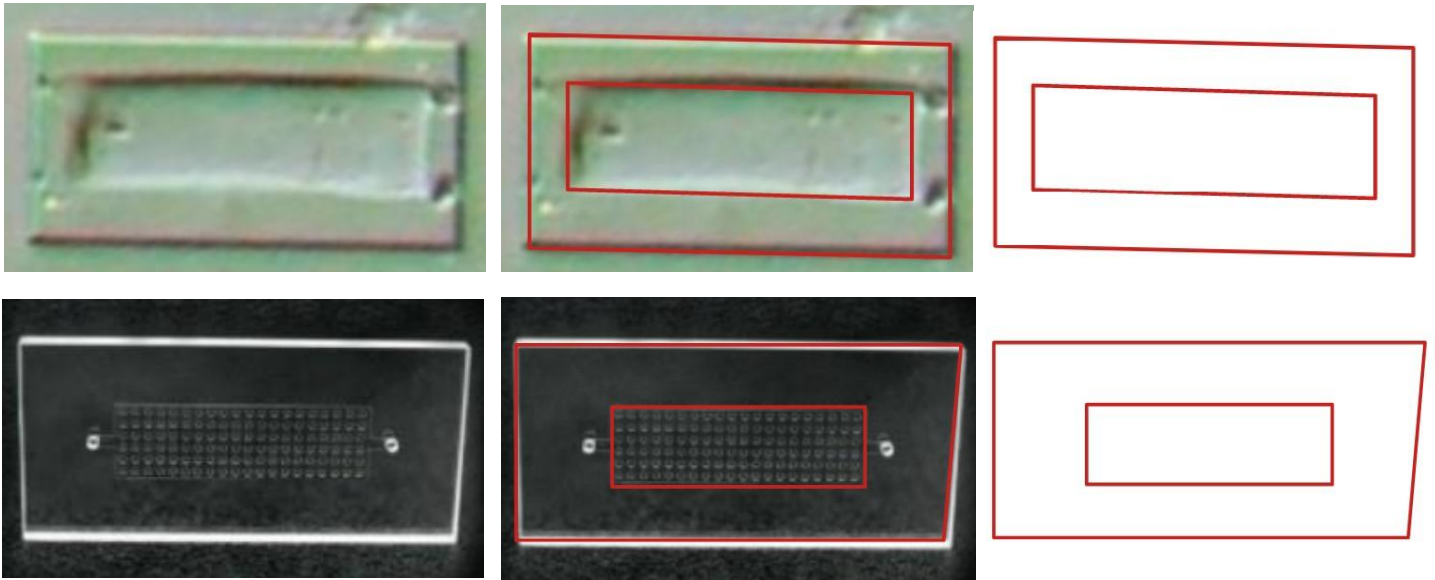


## Ventanas dentro de ventanas

Las figuras de **“dianas cuadradas”** (cuadrados o rectángulos unos dentro de otros) es característica de los elementos hallados en las vacunas Covid y de los biochips microfluídicos. Dan a percibir dichas formas por diversas razones, entre ellas: el marco translúcido, las diversas placas acopladas unas a otras, o la forma en la que estén colocados los circuitos, raíles, o canales de microfluído.

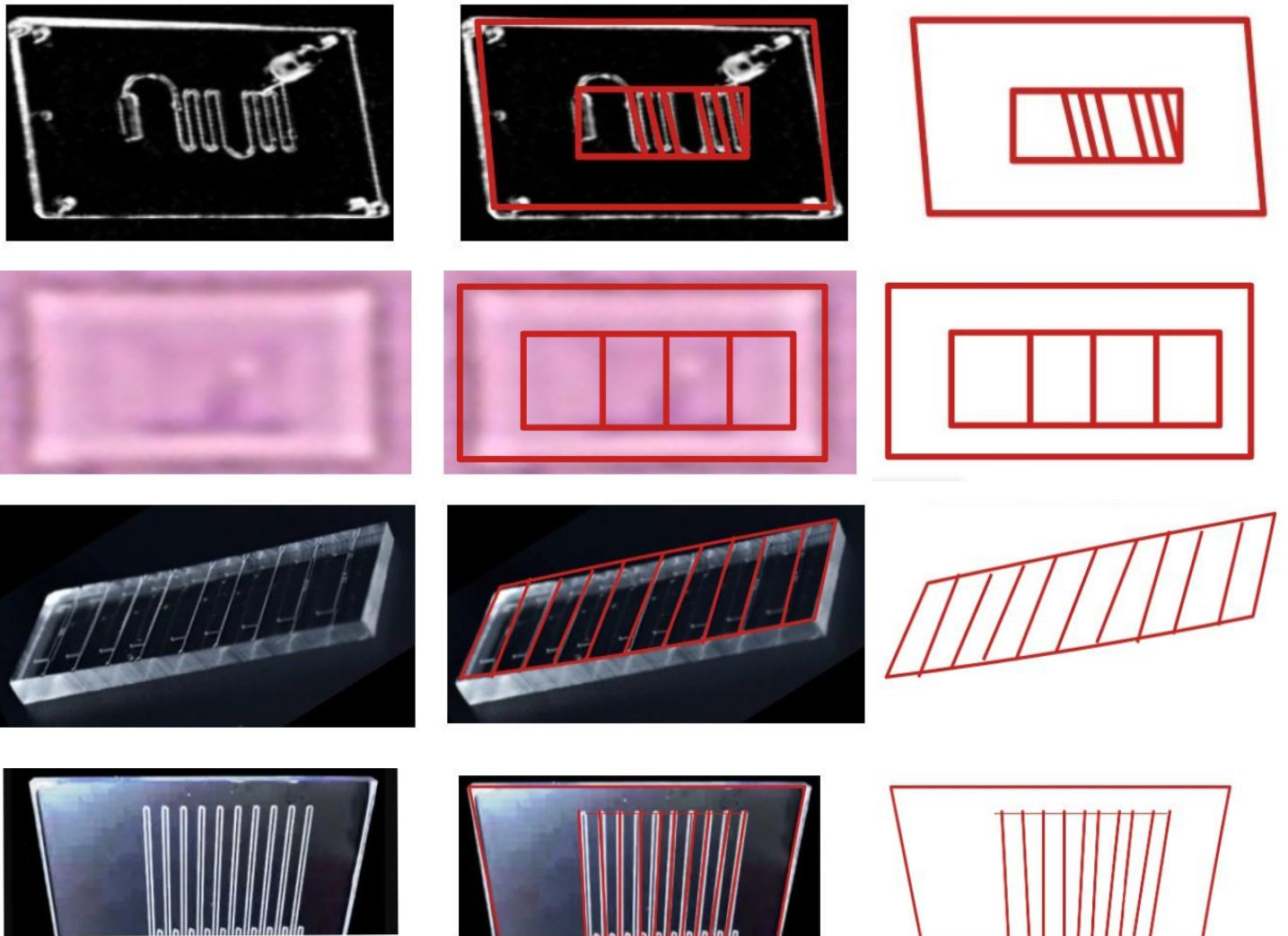
## Biochips microfluídicos (fondo negro) y cristales Covid





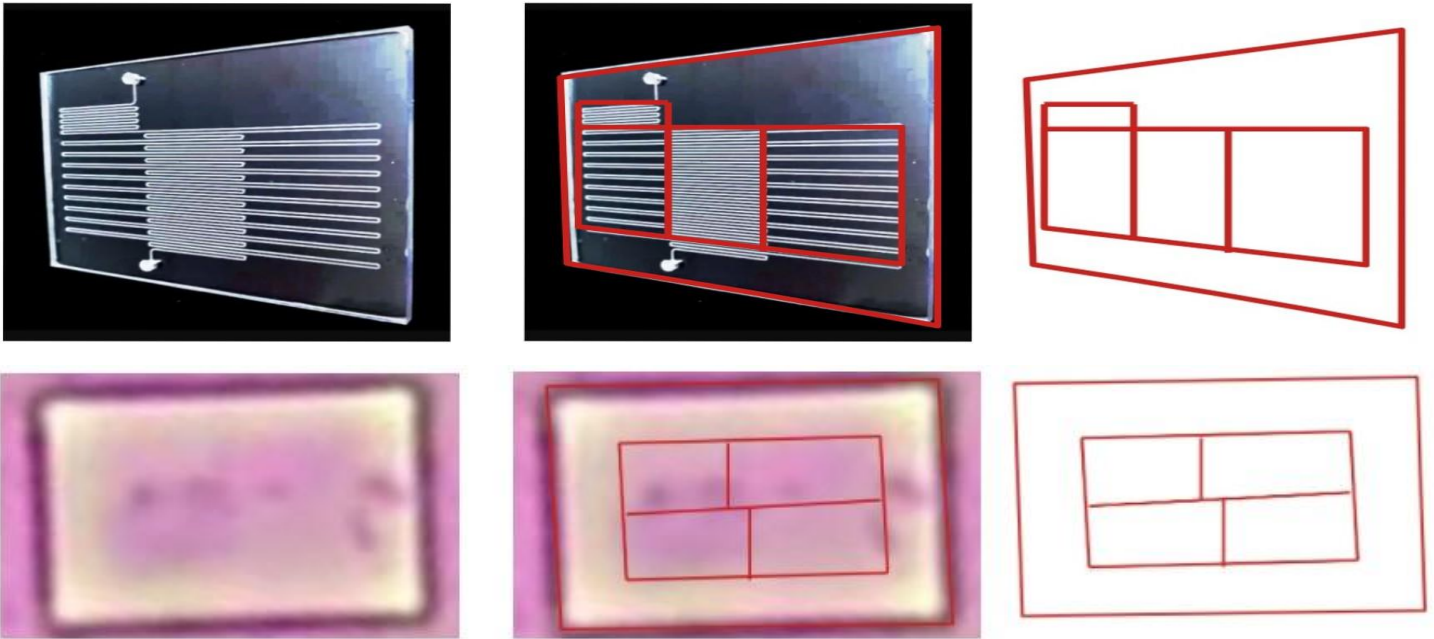
### Barrotos y rejas

En algunos cristales se puede observar mejor lo que parecería ser circuitería o canalizaciones microfluídicas generando lo que visualmente se puede apreciar como formas angulares con líneas paralelas, transversales. Formando geometrías cuadradas y rectangulares, y figuras en forma de **“barrotos o rejas”**. (Biochips, fondo negro. Cristales Covid, fondo rosa).





La estructuración de los canales o circuitos puede generar el efecto de diversos cuadrados o rectángulos, de distintos tamaños, unos dentro de otros como **“marcos y ventanas”**.

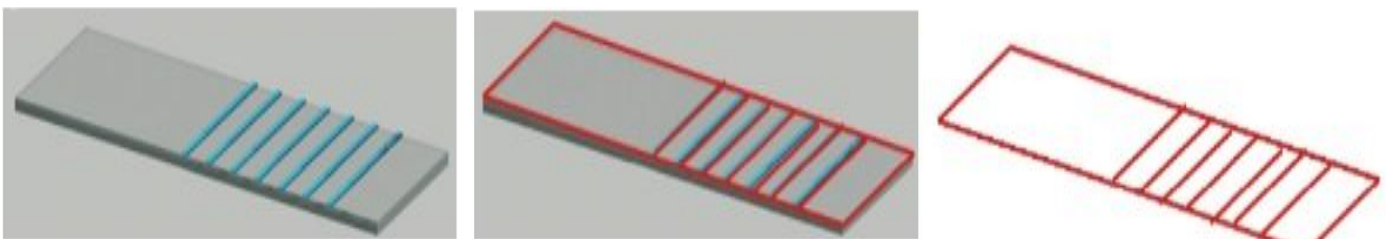


### Biochips microfluídicos radiofármacos teranósticos

Las aplicaciones médicas teragnósticas se basan en el uso de moléculas para transportar materiales radiactivos al interior del cuerpo humano para tratar enfermedades. Los radiofármacos pueden servir para múltiples aplicaciones biomédicas teragnósticas.

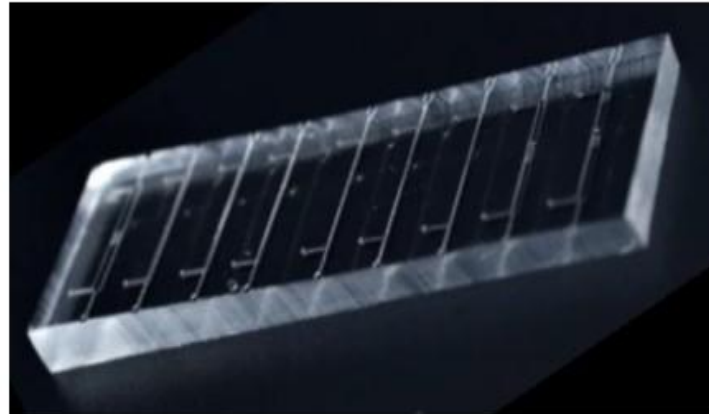
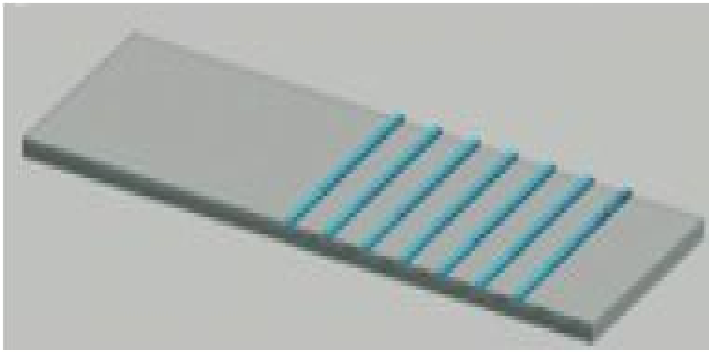
Los avances en el campo de los teragnósticos vienen con el desarrollo de fármacos orientados por la farmacogenómica, que se centra en variaciones genéticas únicas a cada enfermedad. Los tests diagnósticos identifican pacientes cuyos tumores expresan biomarcadores. Los teragnósticos una vez administrados pueden orientarse selectivamente a biomarcadores cuya expresión se correlaciona con la enfermedad y su progresión. Los costes son relativamente **bajos** en comparación con otras técnicas. Pueden crear un nuevo paradigma en biomedicina y biotecnología.

### Biochip para el análisis de moléculas de ADN

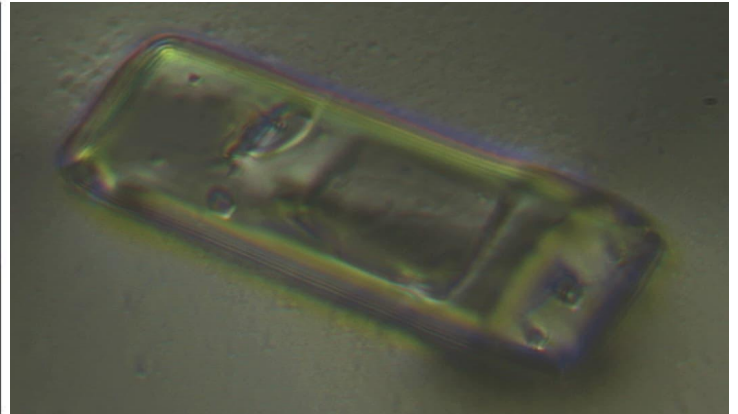
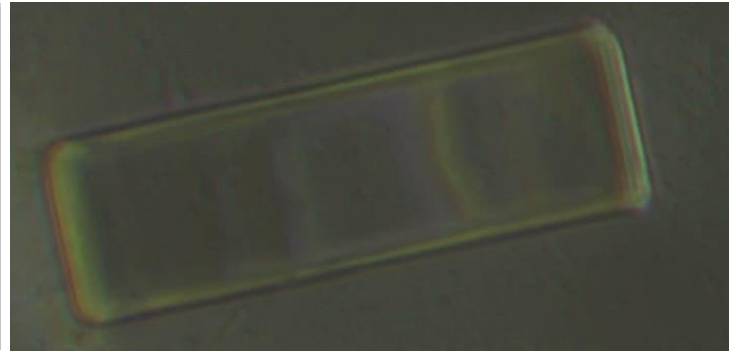


Producción de biochips de alto rendimiento de polímero para la detección multiplexada de ADN. La litografía de nanoimpresión UV rollo a rollo tiene ventajas superiores para la fabricación de alto rendimiento de micro o nanoestructuras en láminas de polímero flexibles con diversas geometrías y configuraciones. **Nuestra línea piloto permite la impresión de estructuras a gran escala para biochips de polímero rentables (4500 biochips/hora).**

## Biochips microfluídicos

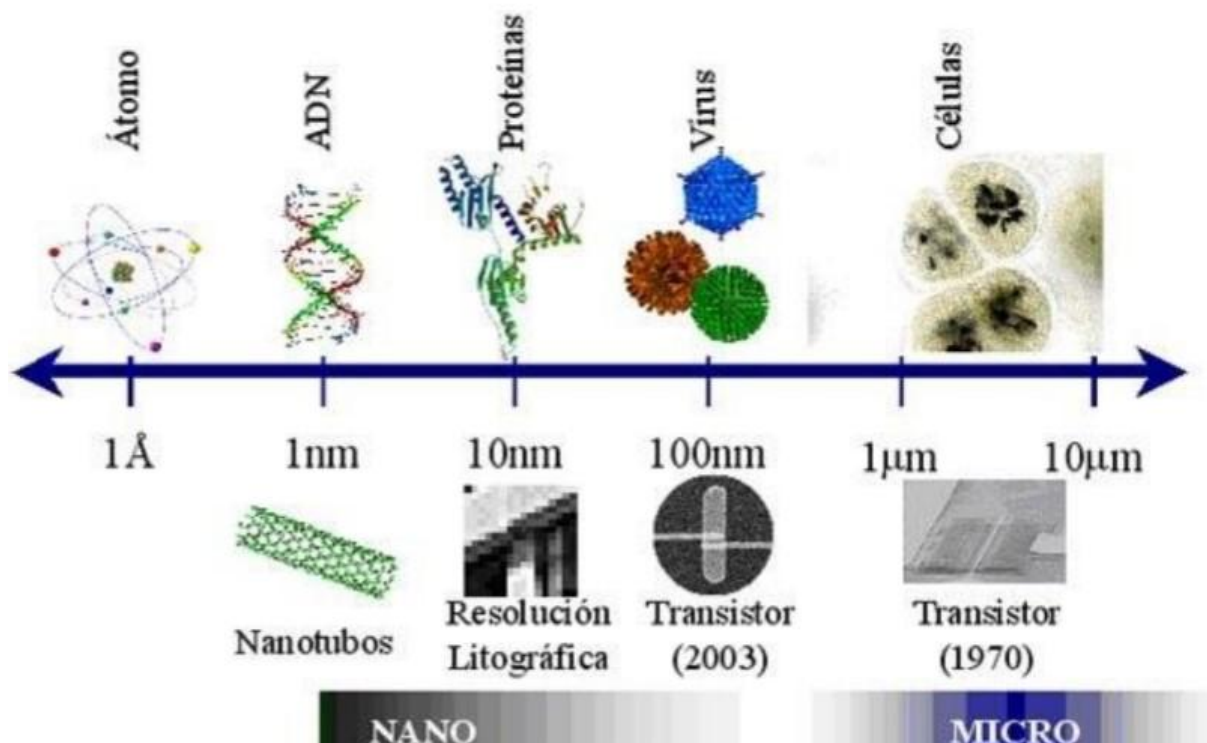


## Cristales vacuna Covid



## Microestructuración

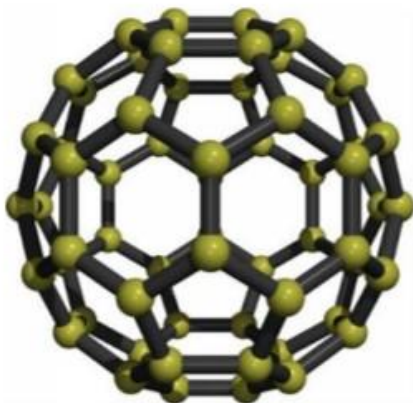
Los nanomateriales son materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro en al menos una dimensión. Su tamaño se restringe de 1 a 100 nm, situando su tamaño entre la microescala (1  $\mu\text{m}$ ) y la escala atómica ( $\approx 0.2$  nm). Gran parte de las propiedades de los materiales dependen del comportamiento de los electrones que se mueven en ellos y como están ordenados sus átomos. En un nanomaterial, el movimiento de los electrones está limitado por la dimensiones del material. Además la proporción de átomos en la superficie respecto al interior del material, es mayor que en los materiales de mayor tamaño. Por lo que si se reducen las dimensiones, se modifican las propiedades permitiendo fabricar materiales con las propiedades que se deseen.



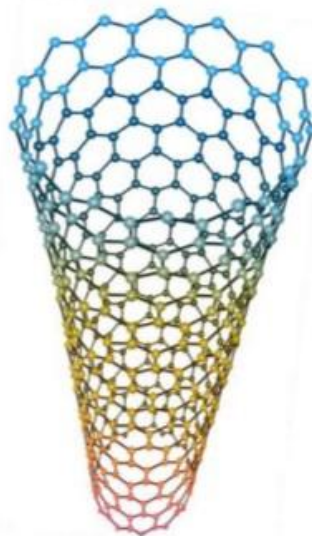
**Más adelante (con fecha de 2018) veremos un nanotransistor de grafeno de 1 nanómetro, y en breve hablaremos de resolución litográfica**

En 1959 aparece el primer transistor plano. Hasta entonces los transistores se ensamblaban en circuitos eléctricos. El transistor plano supuso un cambio de mentalidad al insertar sobre una placa de material semiconductor los distintos componentes electrónicos en una sola pieza llamada circuito integrado o chip. A partir de ese momento surge lo que se conoce como miniaturización: la tendencia a fabricar componentes cada vez más pequeños y juntos entre sí para conseguir un número mayor de éstos, en un espacio cada vez más reducido.

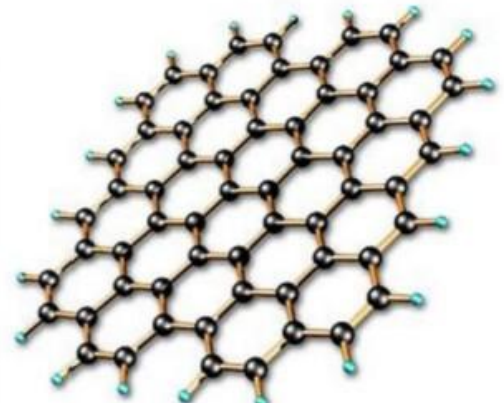
La escala inferior a 1nm está intrínsecamente ligada a la escala atómica. Puesto que el grafeno, los nanotubos (grafeno enrollado), y los fullerenos (formaciones estructurales cerradas de grafeno), están formados por átomos de carbono dispuestos unos al lado de otros en formación hexagonal. Estos nanomateriales pueden ser ensamblados acoplando diversas placas o mayas unas sobre otras formando microestructuras como por ejemplo: nanotubos de carbono de doble pared, o de paredes múltiples.



Fullereno



Nanotubo



Grafeno

**La nanotecnología es la ciencia aplicada o ingeniería que se ocupa de la fabricación de materiales nanoestructurados**

Estos son materiales que presentan un tamaño inferior a 100 nm en al menos una de sus dimensiones. El objetivo de la nanotecnología es el ensamblado controlado de nanopartículas (< 100 nm) que produzcan, a macroescala, objetos y productos nanoestructurados de propiedades diferentes y mejoradas, ya que sus propiedades no solo dependerán de su composición, sino también de su tamaño y su forma. Esta diferencia en sus propiedades es el motivo de que la fabricación de este tipo de materiales tenga una gran importancia, ya que abre un mundo nuevo de posibilidades en múltiples campos de la actividad humana.

## **La nanociencia se puede definir como la ciencia que estudia los fenómenos, las propiedades y la manipulación de la materia a escala nanométrica**

Esta ciencia trata de entender que pasa a escalas nanométricas en los materiales, ya que el comportamiento de sus propiedades difiere de las manifestadas en los mismos materiales a mayores dimensiones. Esto es debido a que estas propiedades vienen dadas por efectos de volumen mientras que a escalas nanométricas, estas propiedades están determinadas por efectos de superficie. Por tanto, la nanociencia abarca grandes áreas del conocimiento como: la física y la química cuántica, la ciencia de los materiales y la biología molecular. Es, por tanto, una ciencia interdisciplinar y su objeto de estudio son los nanomateriales.

## **Los nanomateriales se presentan en una amplia variedad de formas: esférica, cilíndrica, elipsoidal, tubular, cúbica, etc.**

El poder controlar la morfología es muy importante cuando se buscan unas propiedades concretas, sobre todo en aplicaciones ópticas y en la fabricación de dispositivos magnéticos. Las dimensiones de los nanomateriales son muy variables y de gran influencia en sus propiedades.

## **Según sus dimensiones, los nanomateriales se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:**

**Cero dimensional (0 D):** Son materiales con sus tres dimensiones menores de 100 nm. Son lo que llamamos nanopartículas. Algunos de ellos:

- Fullerenos
- Partículas coloidales
- Puntos cuánticos
- Nanoclusters
- Algunos virus
- Algunas proteínas
- Moléculas
- Átomos

**Unidimensionales (1 D):** Son materiales con dos de sus dimensiones menores de 100 nm. Algunos de ellos:

- Nanocables
- Nanotubos
- Nanofibras
- Nanoantenas
- Fibras poliméricas

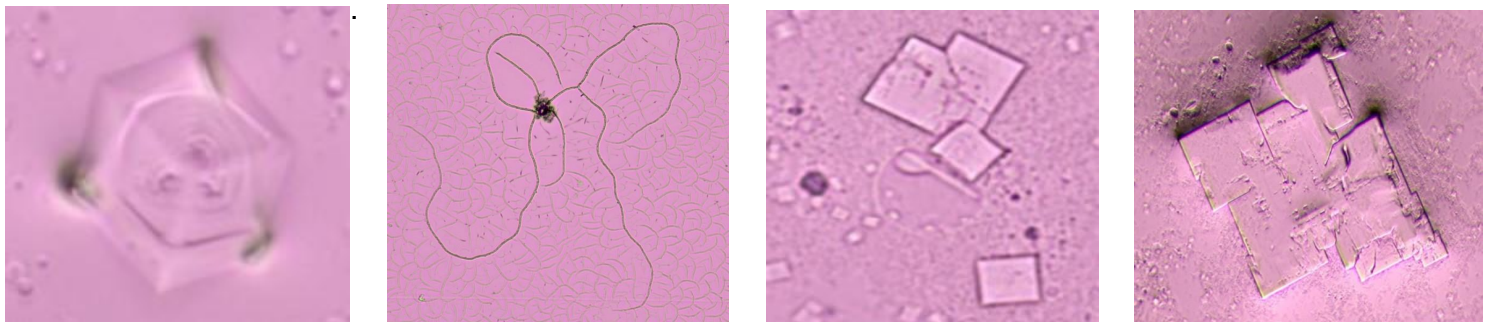
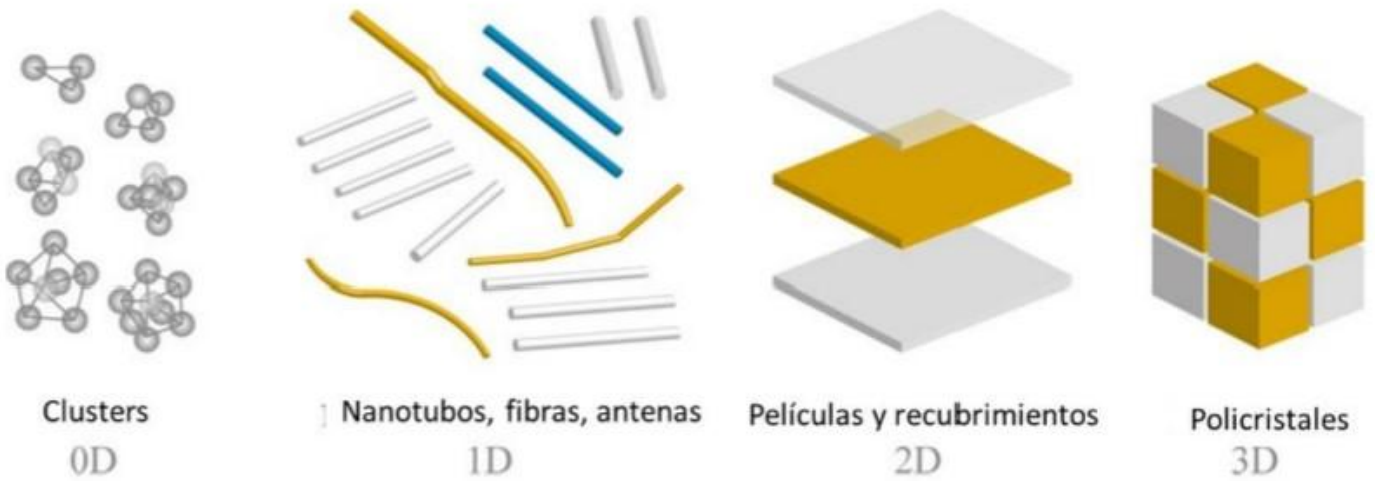
**Bidimensionales (2 D):** Son materiales con una de sus dimensiones menor de 100 nm. Algunos de ellos:

- Monocapas
- Nanorecubrimientos
- Superficies con espesor menor de 100 nm

**Tridimensionales (3 D):** Son los que no tienen ninguna de sus dimensiones menores de 100 nm. Son materiales nanoestructurados. Algunos de ellos:

- Policristales
- Nanobolas
- Nanobobinas

## Microestructuración y dimensiones de nanomateriales



(Fondo rosa: cristales vacuna Covid)

## Biochips microestructurados para dosificación controlada de microgotas

El IMT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) es uno de los pioneros en el área de componentes de vidrio microfluídico y biochips.

**Chips generadores de gotas para una dosificación precisa de volúmenes muy pequeños**

Los generadores de gotas específicos del cliente de IMT se utilizan para la dosificación precisa de volúmenes muy pequeños. Nuestros elementos se caracterizan por una gama extremadamente amplia de formas, profundidades de canal y propiedades de superficie.

La tecnología de producción permite una rugosidad superficial del canal de <math><20\text{ nm}</math> y por lo tanto elementos con excelentes propiedades ópticas y microfluídicas.

**Biochips, microfluidos, celdas de flujo**

## Celdas de flujo de impedancia para análisis de celdas

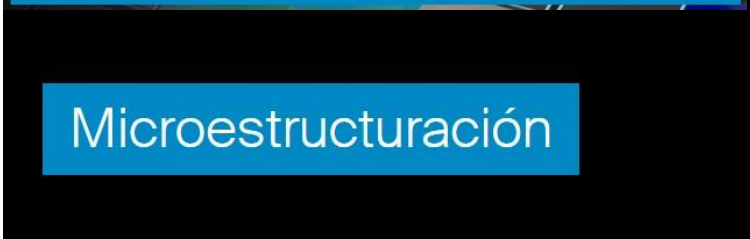
Las celdas de flujo constan de una combinación de canales y electrodos. La producción del chip se lleva a cabo en dos obleas procesadas por separado (sustratos). En la primera oblea, se utiliza tecnología moderna de semiconductores para producir canales y electrodos, que luego se sellan herméticamente con la segunda oblea mediante unión a temperatura ambiente.

## Virutas de vidrio para electroforesis

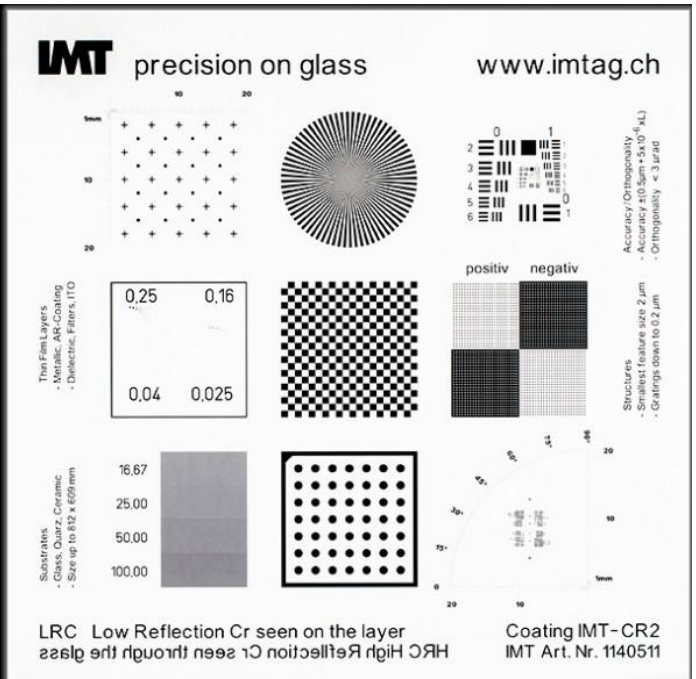
La electroforesis se refiere al movimiento de partículas o moléculas cargadas a través de un campo eléctrico. La velocidad de las partículas está determinada esencialmente por su forma y tamaño. En bioquímica y biología molecular esta relación se utiliza para separar cadenas de moléculas cortas y largas. Los nuevos procesos de litografía nos permiten combinar canales de vidrio con estructuras de -por ejemplo- oro, plata, grafeno, entre otros elementos.



Recubrimientos ópticos microestructurados



Microestructuración



**IMT** precision on glass [www.imtag.ch](http://www.imtag.ch)

**Thin Film Layers**  
- Dielectric, AR-Coating  
- Conductive, Filters, ITO

**Substrates:**  
- Glass, Quartz, Ceramic  
- Size up to 112 x 60mm

0,25 0,16  
0,04 0,025

16,67  
25,00  
50,00  
100,00

LRC Low Reflection Cr seen on the layer  
HRC High Reflection Cr seen through the glass

Coating IMT-CR2  
IMT Art. Nr. 1140511

Accuracy/Orthogonality  
- Accuracy  $\pm 0,5\text{nm} \pm 5 \times 10^{-4}\%$   
- Orthogonality  $< 3 \mu\text{rad}$

Structures  
- Smallest feature size 2  $\mu\text{m}$   
- Gratings down to 0,2  $\mu\text{m}$

Dependiendo de la aplicación, estos recubrimientos tienen una amplia gama de funciones en todo el sistema. IMT se especializa en la microestructuración y combinación de recubrimientos dieléctricos con recubrimientos metálicos o eléctricamente conductores.

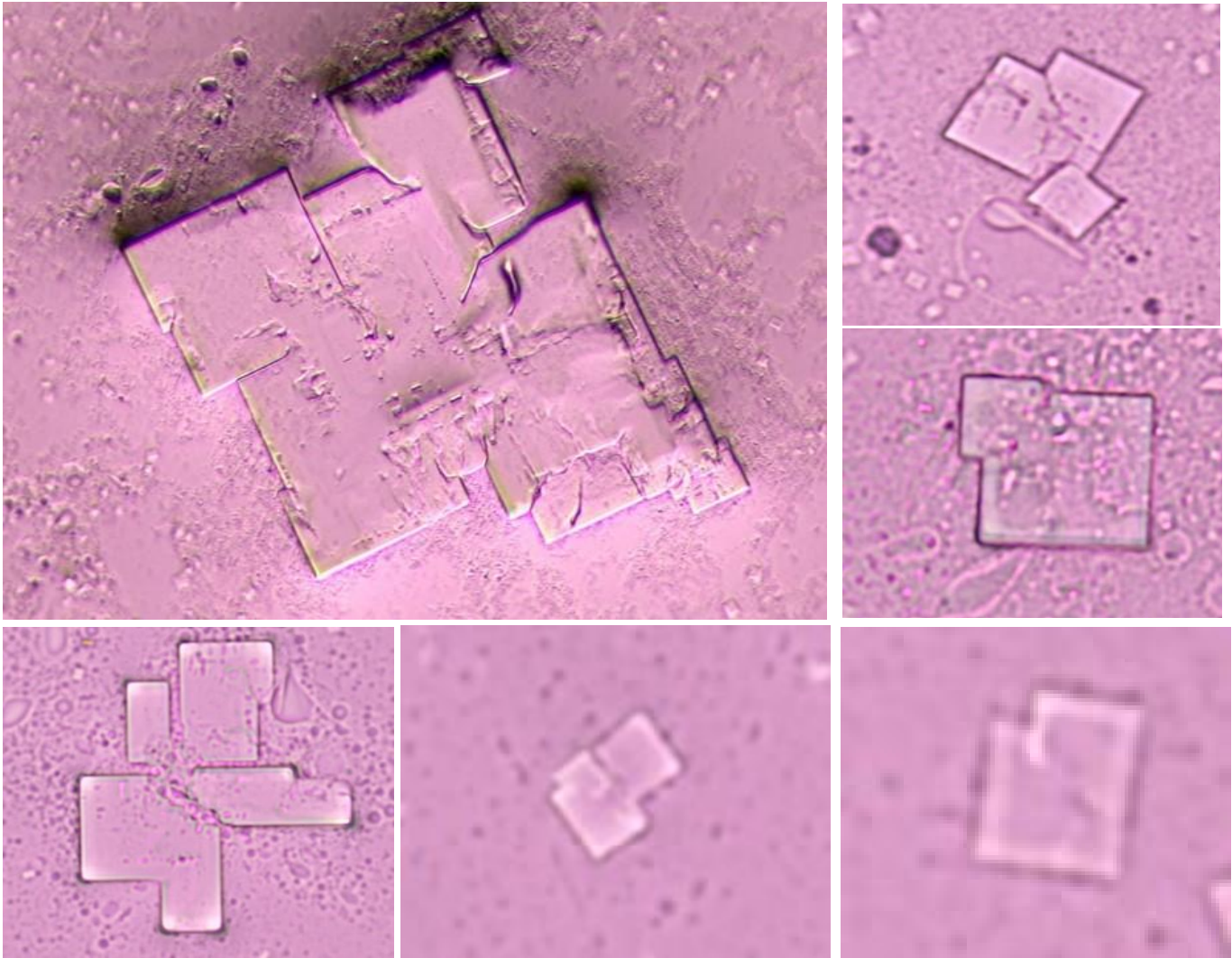
La gama de aplicaciones es tan amplia como los algoritmos de evaluación para la generación del modelo digital 3D. Cubre todo, desde la construcción automotriz y aeronáutica hasta la tecnología dental, aplicaciones médicas, ingeniería inversa o ciencia forense.

Los elementos se caracterizan por la combinación de microestructuras metálicas con revestimientos.

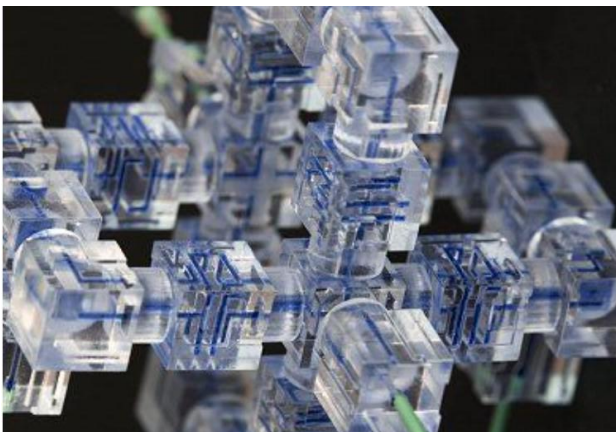
Sustrato: Sílice fundida, B270, Borofloat, D263, otros materiales bajo pedido - Material revestimiento: Cromo, IMT-BC - Tamaños de estructura: > 2  $\mu\text{m}$



## Cristales Covid formando microestructuración autoensamblada



### Biochips microfluídicos ensamblables en bloques de “Lego” que parecen “cristales de sal” a un precio de 0,70 céntimos



Existen biochips ensamblables que realmente se parecen en gran medida a cristales de sal.

Los biochips, microlaboratorios construidos con las mismas técnicas que la microelectrónica, ya han comenzado a llegar al mercado, con el potencial de cambiar la forma y la precisión de los exámenes de salud. Estos dispositivos emergentes ahora (2014) han tenido un impulso radical, que promete facilitar y **abaratar** aún más su fabricación y prueba de nuevas aplicaciones. En lugar de pedir un microlaboratorio para cada aplicación a la industria,

se desarrollan plataformas que permiten ensamblar biochips como si fueran “juguetes de Lego”. Los biochips se basan en una tecnología llamada microfluídica, que permite la manipulación de pequeñas cantidades de líquidos en microgotas -por ejemplo biofluidos como sangre- que se mezclan poniéndose en contacto con reactivos o sensores detectores de biomarcadores de enfermedades -por ejemplo, ferrofluidos en microburbujas-. La nueva plataforma permite la construcción de biochips 3D, que pueden realizar tareas mucho más complejas que las versiones planas actuales. **Cada biochip cuesta 0,70 céntimos.**

## Nanofotónica

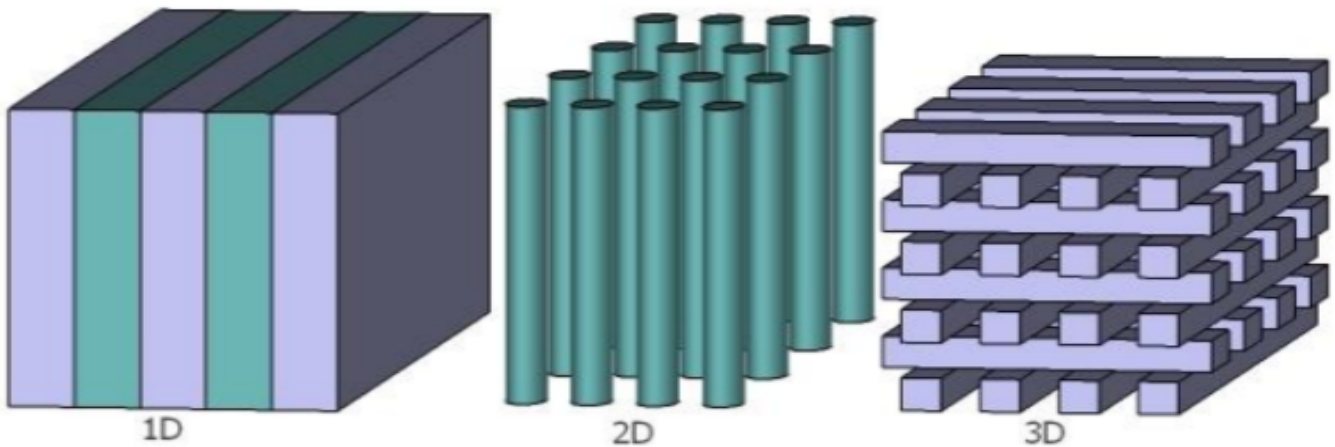
La nanofotónica es una rama de la nanotecnología que se ocupa de la fabricación de materiales nanoestructurados que procesan ondas de luz y ondas de electrones.

Así como del estudio de los efectos ópticos que se producen de la interacción de la luz en estos materiales y beneficia a la biología, la química y a la ingeniería. La luz, interactúa con estructuras que tienen menores dimensiones que la longitud de onda de trabajo, esto nos permite controlar y manipular estos efectos ópticos modificando el tamaño, la forma o los materiales que conforman el material nanoestructurado.

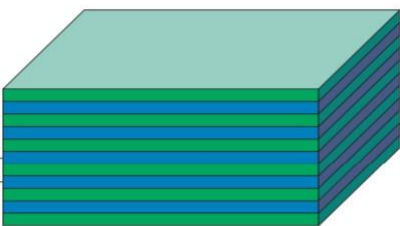
### Cristales fotónicos

Un cristal fotónico es un medio formado por estructuras cuyo índice de refracción muestra periodicidad en al menos una de sus dimensiones.

En estas estructuras, los fotones se comportan de manera análoga a los electrones en un cristal sólido. Los cristales fotónicos se clasifican en unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales en función del número de dimensiones en que se presente esa periodicidad del índice de refracción.



### Cristales fotónicos 1D



Los cristales fotónicos unidimensionales son los más simples ya que los dieléctricos se disponen de tal forma que solo existe periodicidad respecto del índice de refracción en una sola dirección. Estos sistemas también son llamados “sistema multicapa”.

**Este tipo de configuración no proporciona un control completo sobre las ondas electromagnéticas que se propagan en las distintas direcciones del espacio.** Aunque esta configuración

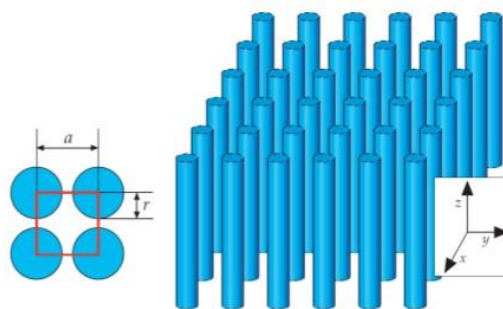
presente limitaciones, los cristales fotónicos unidimensionales son fáciles de manejar ya que sus bandas prohibidas dependen de parámetros de fácil manejo en esta geometría.



## Cristales fotónicos 2D

Decimos que un cristal fotónico es bidimensional cuando presenta periodicidad relativa al índice de refracción en dos direcciones del espacio.

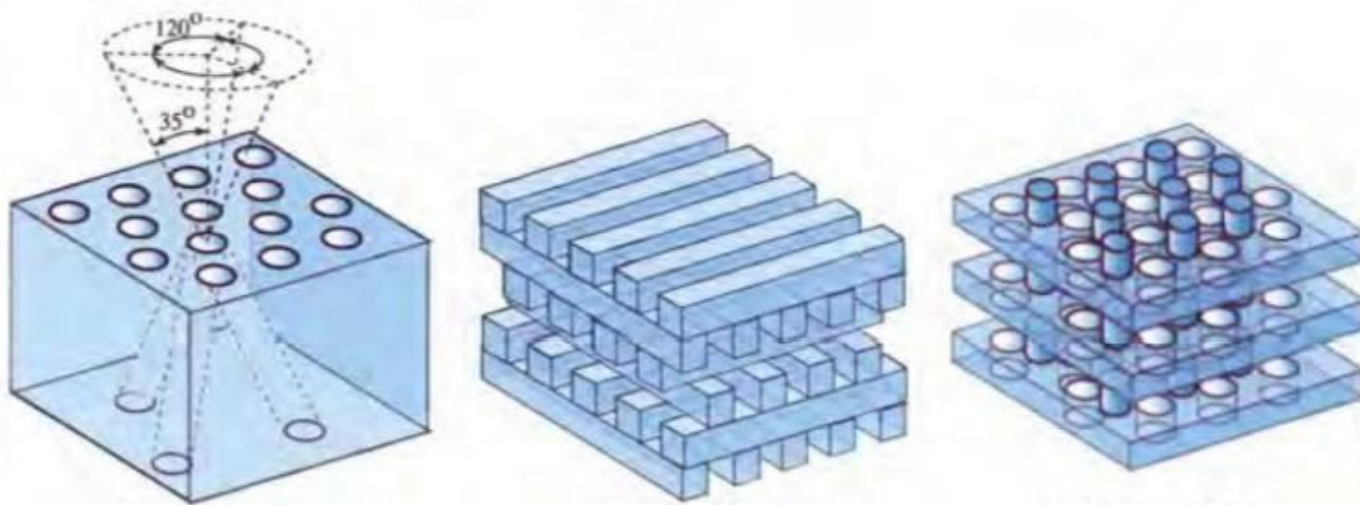
Al igual que en el caso unidimensional la banda prohibida vuelve a estar controlada por una serie de parámetros; sean el parámetro de estructura de la red, el contraste entre los índices de refracción involucrados, las propiedades dispersivas de los dieléctricos e incluso defectos en la estructura cristalina. Obsérvese el sistema de punteado.



## Cristales fotónicos 3D

Decimos que un cristal fotónico es tridimensional cuando presenta periodicidad en el índice de refracción en las tres direcciones del espacio.

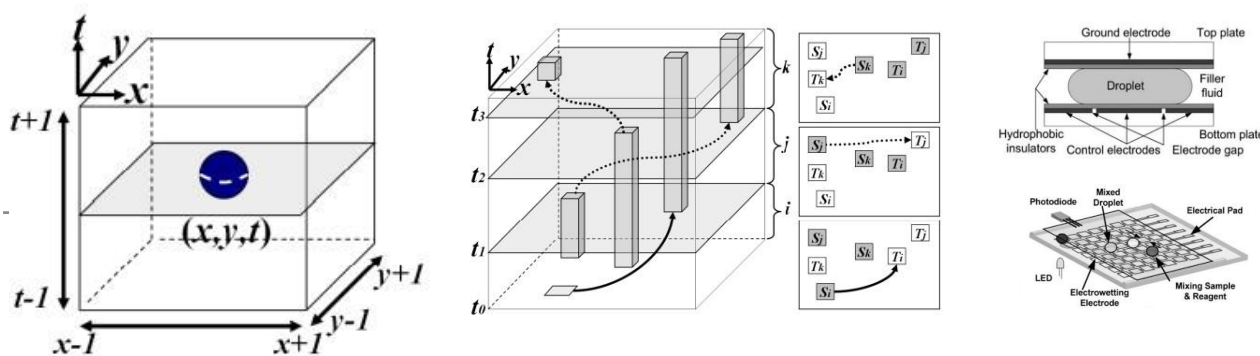
En este tipo de geometría si una onda electromagnética incide en el sistema desde cualquier dirección, en su propagación por el sistema notará el cambio periódico de índices, pudiendo producirse el efecto de la banda prohibida. De este modo se puede controlar mediante el uso de la banda prohibida, a una onda electromagnética sin importar en qué dirección se propague.



\* Distintas configuraciones de nano-cristales fotónicos tridimensionales

## Biochip microfluídico. Sistema de nano-enrutamiento de microgota.

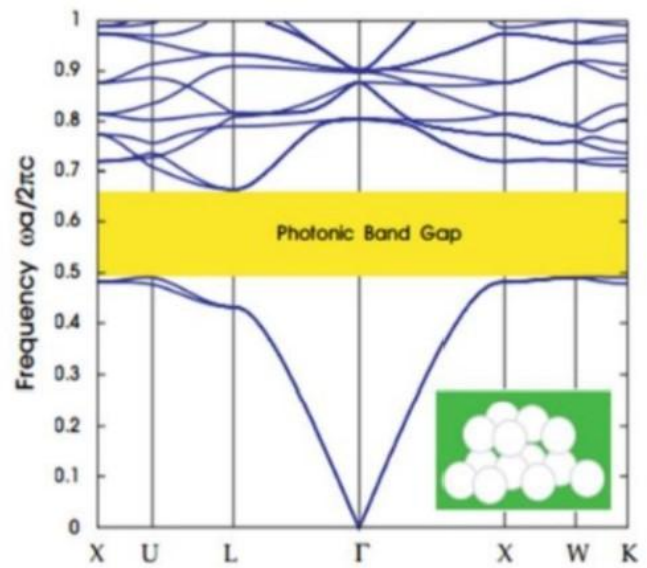
Modelo gráfico y restricciones fluídicas para diseño de biochips microfluídicos digitales.



## Estructura de banda

La ordenación espacial de distintos índices de refracción da lugar a una estructura de bandas permitidas y prohibidas para los fotones, totalmente análoga a la estructura de bandas para los electrones en sólidos ordenados. La periodicidad y espesor de los materiales con distinto índice de refracción están directamente relacionados con las longitudes de onda permitidas o prohibidas. Un cristal fotónico con una banda prohibida permite reflejar la luz por completo sin ninguna absorción, o guiarla a través de defectos.

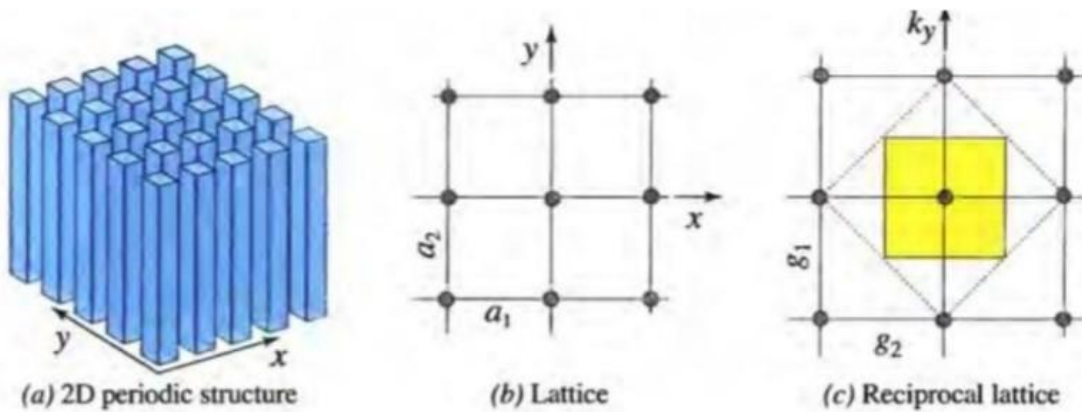
**A partir de aquí se desarrolla la ingeniería de bandas**, cuya consecuencia inmediata es una reflectividad diferente, más compleja conforme más compleja sea la estructura del cristal. Las guías de luz permiten cambiar la dirección de propagación en distancias tan pequeñas como micras y nanómetros.



Estructura de bandas de una matriz de microburbujas dentro de un material dieléctrico

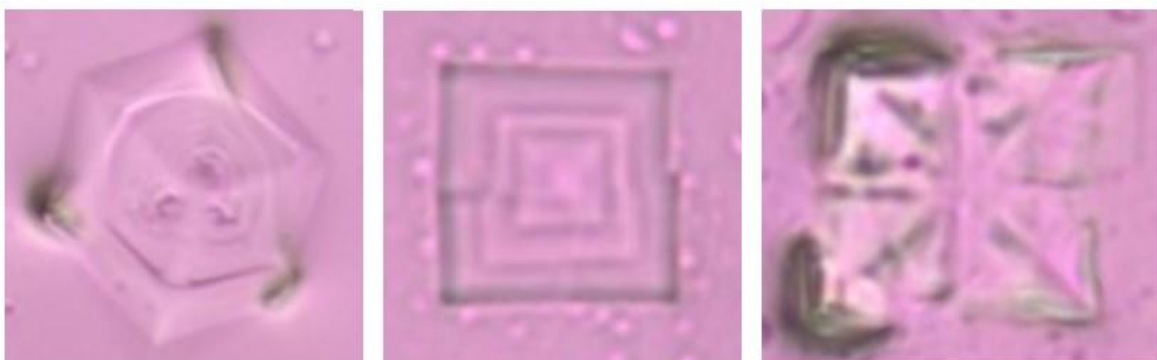
## Propiedades de las ondas electromagnéticas en estructuras periódicas

### Cristales fotónicos



a) Estructura periódica bidimensional. b) su red en el espacio real. c) su red en el espacio real y recíproco

### Cristales vacunas Covid



El origen físico de la banda prohibida está en la dispersión que sufren las ondas electromagnéticas en las interfases de los diferentes medios del sistema y la posterior interferencia. Al tratarse del problema de la propagación de una onda electromagnética podemos hacer uso de las ecuaciones de Maxwell, siempre y cuando tengamos en cuenta que debido a la alternancia de índices de refracción la constante dieléctrica es una función periódica con periodo igual al parámetro de red del cristal.

El comportamiento de las ondas electromagnéticas al propagarse en el interior de un cristal fotónico hace de estos unos materiales con diversas aplicaciones, llegando estas no solo al guiado y confinamiento de la luz, sino que se han abierto paso **en el mundo de la medicina** e industrias diversas como la textil o la cosmética.

## Métodos y fabricación de cristales fotónicos

### Cristales fotónicos 1D

- **Método Sol-Gel**

El método Sol-Gel es un método económico y simple para la fabricación de láminas delgadas sobre varios sustratos de diversos materiales. El proceso consiste en crear una suspensión del material que nos interese hacer la lámina, para luego gelificarla, y aplicar dicho gel sobre el sustrato. Después de esto se procede al secado y calentamiento del gel con lo que obtenemos una capa sólida del material del gel que ha quedado. **El método Sol-Gel permite crear cristales fotónicos unidimensionales utilizando óxidos, materiales ferroeléctricos y materiales piezoeléctricos.**

---

### Micro-Robots piezoeléctricos nano-capas biodegradables para administración de fármacos

El uso de comprimidos orales, inyecciones o parches transdérmicos se encuentran entre los métodos más utilizados para la administración de fármacos. Un requisito muy importante es que el fármaco muestre una cierta selectividad hacia el órgano o tejido donde nos interesa que se libere para evitar efectos secundarios en otras partes del organismo. En este contexto, los materiales poliméricos porosos presentan un conjunto de ventajas para ser utilizados como plataformas de liberación controlada de fármacos.

Por un lado, los materiales poliméricos ofrecen una interesante combinación de propiedades como por ejemplo permeabilidad, biocompatibilidad y solubilidad. Por otro lado, la estructura porosa permite el almacenamiento de moléculas en su interior y posibilita su liberación gracias a cambios de temperatura o de pH, entre otras formas como el uso de ondas electromagnéticas.

**Para la administración terapéutica de fármacos, el polímero puede actuar como una entidad pasiva que aloje el fármaco asegurando su liberación progresiva o se puede concebir como una plataforma micro-robótica que permite el transporte del fármaco al lugar deseado y su posterior liberación.**

Una técnica ampliamente utilizada para guiar a la plataforma micro-robótica al lugar destinado es mediante campos magnéticos. Se han utilizado materiales poliméricos conjuntamente con materiales como nanopartículas magnéticas para obtener “portadores” formados por un núcleo inorgánico (una nanopartícula magnética) y el recubrimiento polimérico en el cual se pueden integrar ligandos funcionales (p. ej. agentes de orientación o agentes terapéuticos).

- **Método de Spin-Coating**

Mediante el método de Spin-Coating pueden crearse cristales fotónicos unidimensionales híbridos, es decir, la combinación de materiales orgánicos e inorgánicos.

- **Método de litografía holográfica de fase controlada**

Este método está basado en el uso de rayos láser y ha sido muy utilizado para crear microestructuras.

## Cristales fotónicos 2D

- **Método de litografía por haz de electrones**

Con este método se pueden fabricar cristales fotónicos con semiconductores, materiales orgánicos o materiales ferroeléctricos.

- **Método de grabado de haz de iones enfocado**

Al igual que en el método de litografía por haz de electrones, el método de grabado de haz de iones enfocado también es una técnica ampliamente usada, siendo un proceso de fabricación realmente simple.

Al igual que en el método de litografía por haz de electrones, este método puede utilizarse para la fabricación de las configuraciones de barras de material.

- **Método de litografía por nanoimpresión**

El método de litografía por nanoimpresión es efectivo y simple si lo que se desea conseguir son cristales fotónicos con patrones a escala nanométrica.

Debido a las grandes ventajas de resolución, rendimiento y a su reducido precio, el método de litografía por nanoimpresión ha llegado a ser la técnica más prometedora de fabricación de cristales fotónicos a la escala nanométrica.

En este método primero se fabrica un sello para impresión que contiene el patrón invertido del cristal fotónico para luego imprimirlo sobre el material deseado, que con anterioridad se ha depositado sobre un sustrato -realizado de diversos materiales, como óxidos, y ferrofluidos-.

## Cristales fotónicos 3D

- **Método de microfabricación**

Los métodos de microfabricación, los cuales incluyen el método de litografía por haz de electrones y el método de grabado por haz de iones combinados con otras técnicas de fabricación, pueden usarse para la obtención de cristales fotónicos tridimensionales.

Una técnica de construcción de cristales fotónicos tridimensionales es fabricarlos capa a capa, esta configuración consistiría en la construcción de barras o filamentos que se disponen paralelamente equiespaciados a lo largo del espacio, formando así una capa; la capa superior a esta es igual a la primera pero rotada 90° respecto a la primera y repitiendo esto sucesivamente pueden crearse capas adicionales.

- **Método de autoensamblaje**

El método de autoensamblaje reside en la capacidad que presentan las nanoesferas presentes en un coloide a ordenarse periódicamente, siendo los cristales fotónicos creados por este método los cristales fotónicos coloidales u ópalo artificiales. Comparado con otros métodos de fabricación de cristales fotónicos tridimensionales, el método de autoensamblaje se presenta como el más económico y simple para su fabricación.

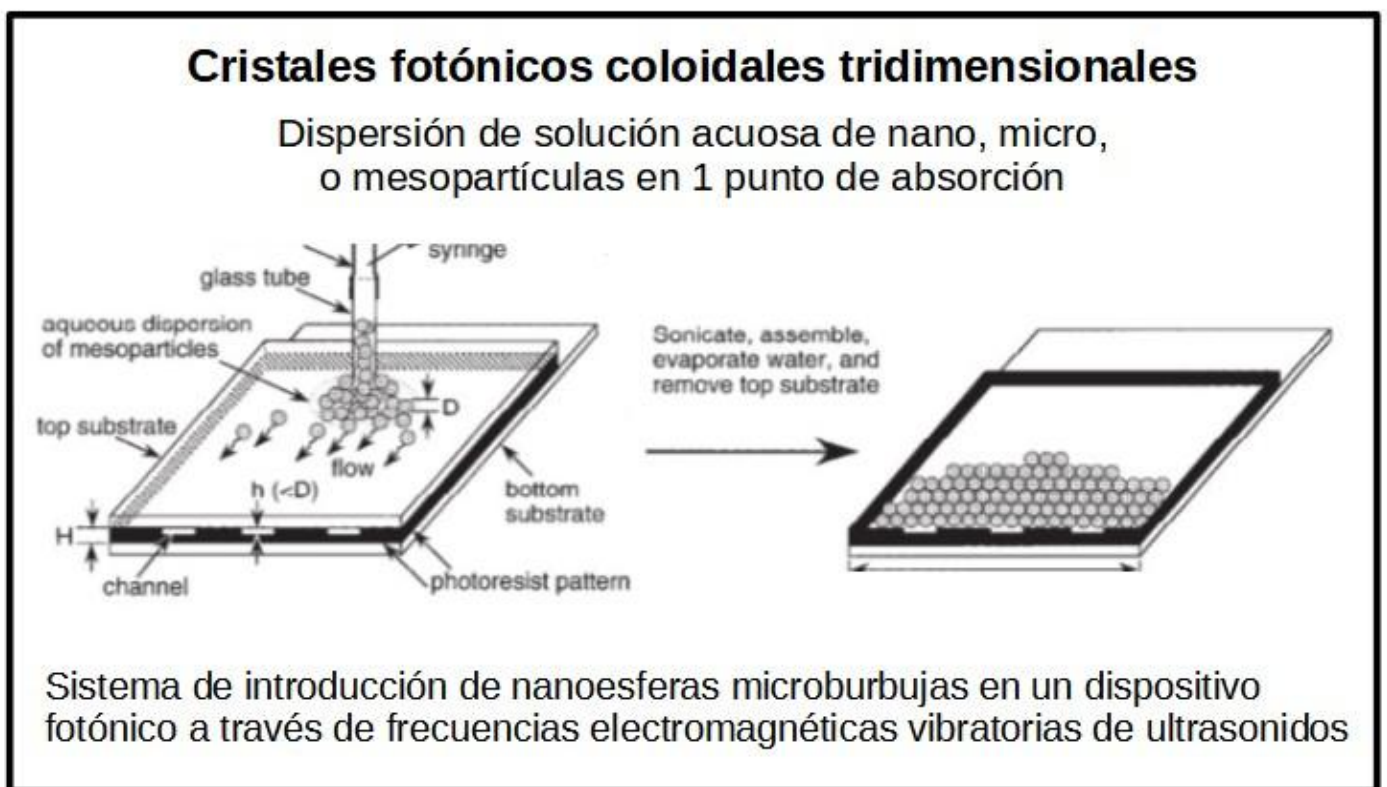
Las microburbujas o nanoesferas que más se han utilizado hasta ahora son de dióxido de silicio o de poliestireno.

- **Método de Xia**

El método de Xia es realmente práctico para la obtención de cristales fotónicos coloidales en un tiempo relativamente corto. Se construye una celda muestra mediante el uso de un marco cuadrado de material fotorresistente contenido entre dos placas de vidrio.

Por uno de los lados del marco se realizan una serie de aberturas o canales para que la fase fluida del coloide salga por ellas mientras que las nanoesferas o microburbujas quedan contenidas dentro del dispositivo montado. Para la introducción del coloide en el montaje se realiza un agujero o más, en una de las capas de vidrio.

Para acelerar el proceso de empaquetamiento de las nanoesferas se somete al montaje a vibraciones ultrasónicas y se aplica una presión externa.



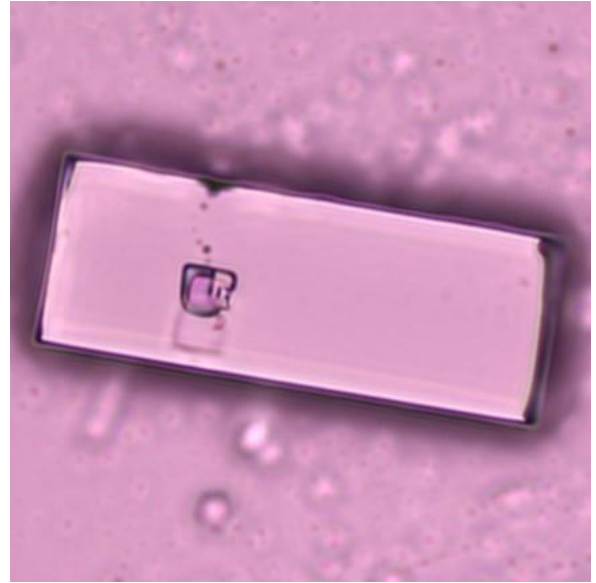
### Cristales vacunas Covid



**Cristal Covid con marco quebrado por la mitad y punto absorbido**



**Cristal Covid con marco y posible punto de introducción del microfluido**



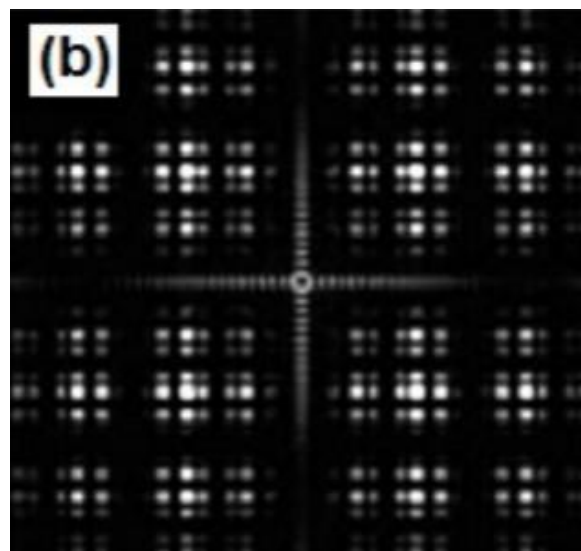
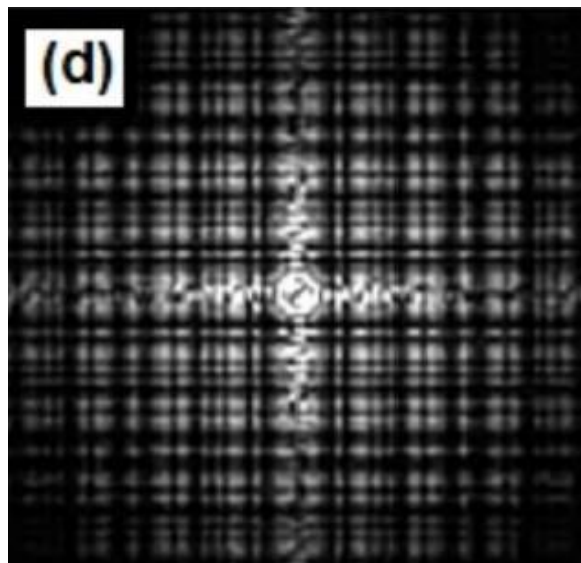
### Cuasi-cristales fotónicos

Esquema del diagrama de difracción de una ordenación cuasi-cristalina bidimensional en un cristal fotónico. **Obsérvese el punto central, y la forma de cruz en forma de “+”.**

**Cristales vacuna Covid**



**Difracción cristal fotónico**



## Fabricación de un ópalo inverso

Un ópalo es un mineraloide del grupo IX (silicatos, tectosilicatos)

Podemos imaginar un ópalo inverso como la imagen en negativo de un ópalo, es decir, la estructura que contendría a las nanoesferas del cristal fotónico coloidal.

Para su fabricación primero se obtiene un ópalo de alta calidad para usarlo como molde, se procede posteriormente a infiltrar las cavidades con un material como **óxido de silicio, óxido de titanio, u otros tipos de óxidos**, para finalmente eliminar el molde de ópalo, quedando la imagen negativa de éste en el material usado para la infiltración.

Se crea un molde de gran calidad mediante el método de autoensamblaje y se rellenan todos los huecos del molde con materiales tipo óxidos a escalas nanométricas.

Estos sistemas son utilizados p. ej. en **aplicaciones médicas de administración de fármacos**.

### Aplicaciones médicas

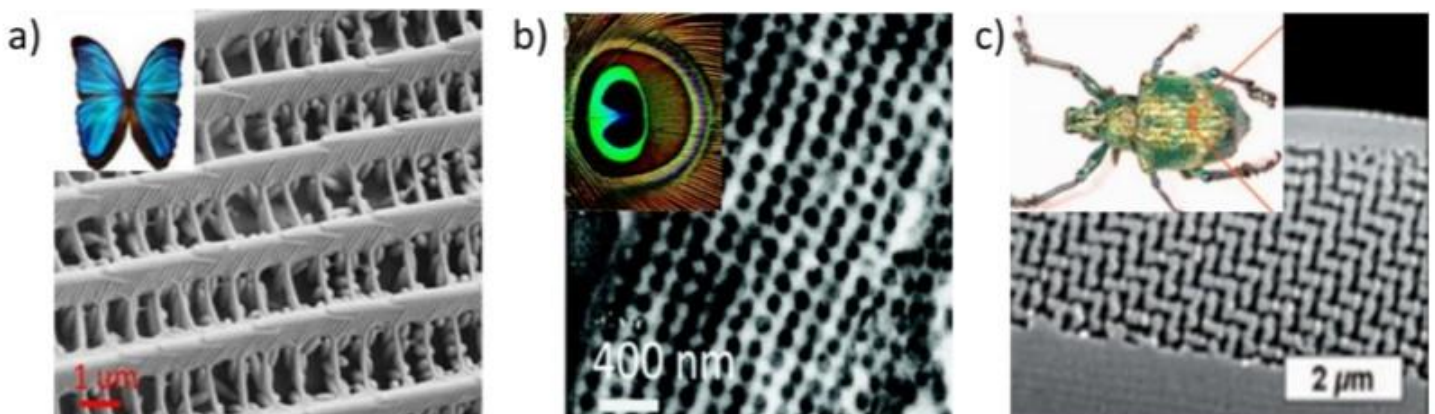
El comportamiento de las ondas electromagnéticas al propagarse en el interior de un cristal fotónico hace de estos unos materiales con diversas aplicaciones, llegando estas no solo al guiado y confinamiento de la luz, sino que se han abierto paso en industrias diversas como la textil o la cosmética, y el mundo de la medicina.

En el campo de la medicina se utilizan los cristales fotónicos como **biosensores**, los cuales reflejan distintas longitudes de onda según qué parámetro externo se varíe, como puede ser por ejemplo la concentración de algún compuesto bioquímico o la temperatura.

Una de las aplicaciones más interesantes en nanomedicina de los cristales fotónicos es la administración dirigida de fármacos en tratamientos de terapias génicas.

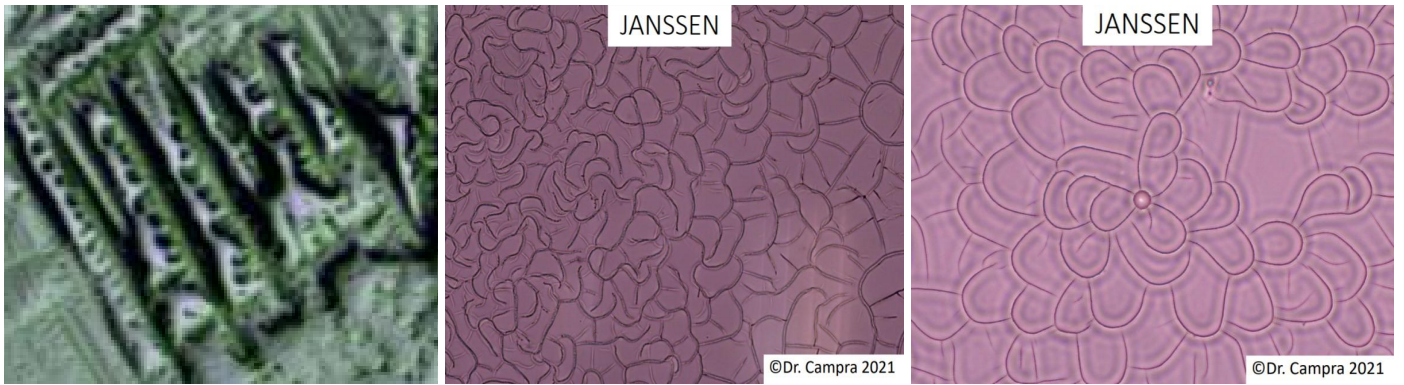
### Tapices de estructuras periódicas de cristales fotónicos en la naturaleza

Este tipo de estructuras periódicas se encuentran con frecuencia en elementos de la naturaleza como por ejemplo en las alas de las mariposas, las plumas de un pavo real o los caparazones de algunos escarabajos. Los colores vivos que presentan estos elementos no son debidos a pigmentos sino a la difracción de luz en estas nanoestructuras naturales. A parte de dotar de coloración, son muchas las propiedades que ofrecen este tipo de nanoestructuras naturales como una alta hidrofobicidad.

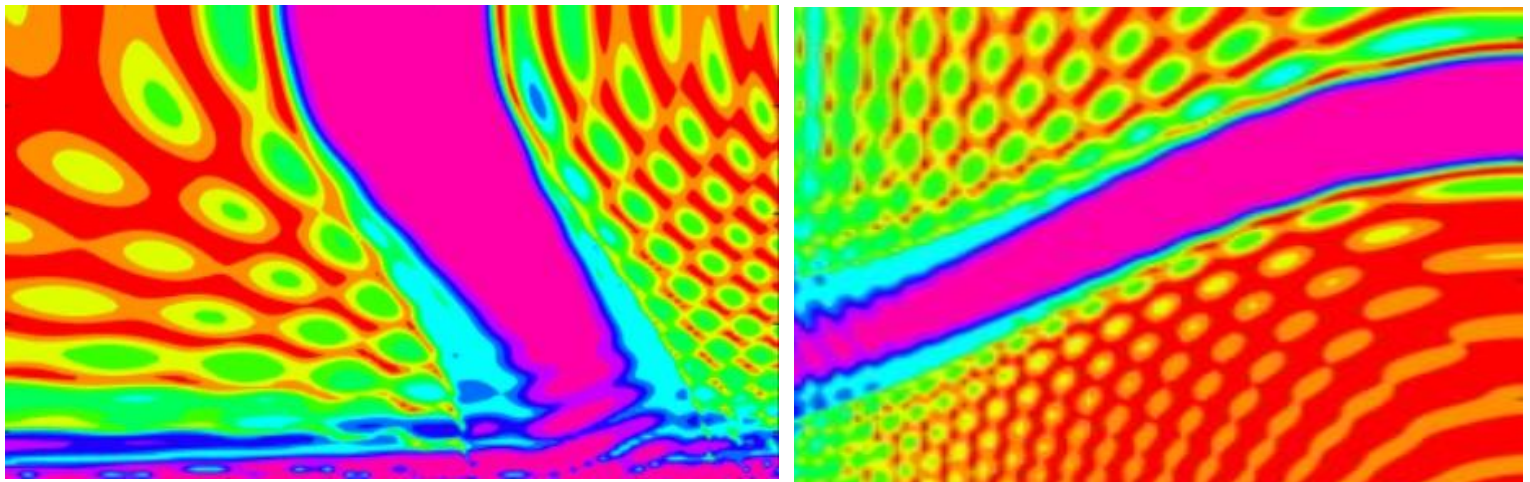


**Figura 2. 7** Cristales fotónicos presentes en la naturaleza. a) Nanoestructuras presentes en las alas de mariposas. b) Nanoestructuras presentes en las plumas de los pavos reales, c) Nanoestructuras presentes en el caparazón de escarabajos.

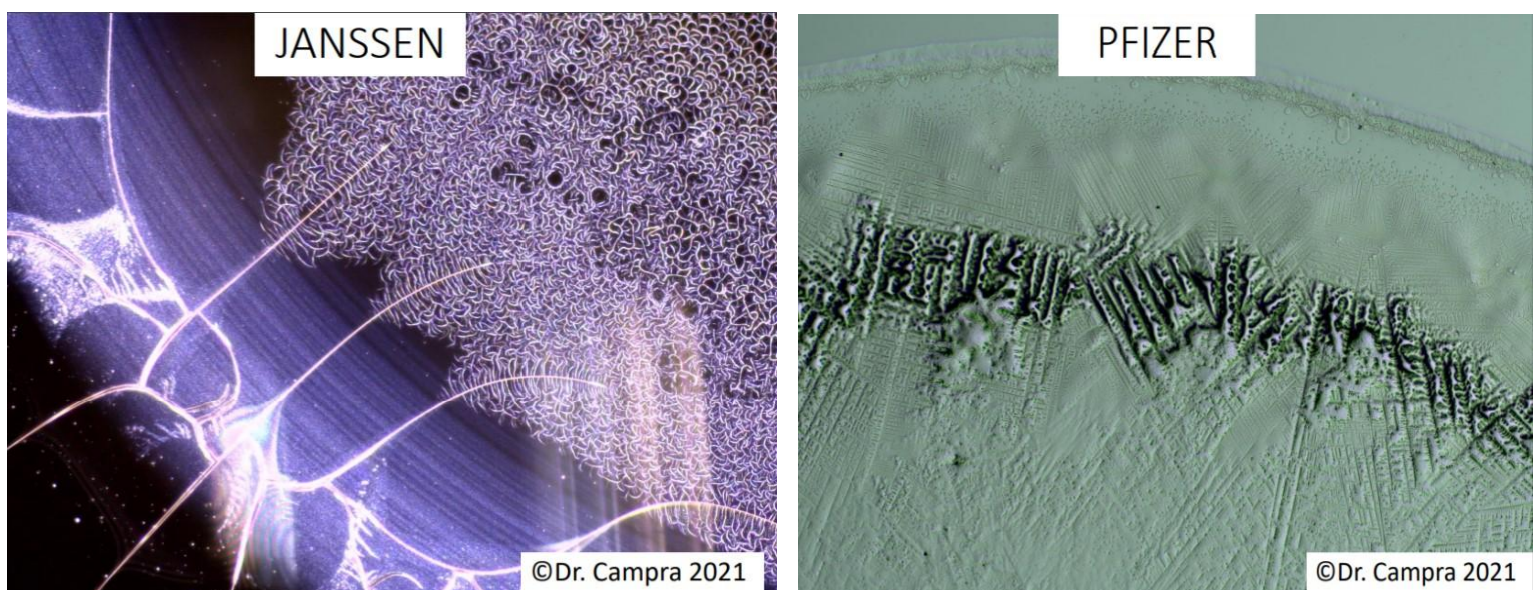
## Tapices fractales de cristales vacunas Covid



## Distintos patrones de difracción en tapiz fractal de cristales fotónicos

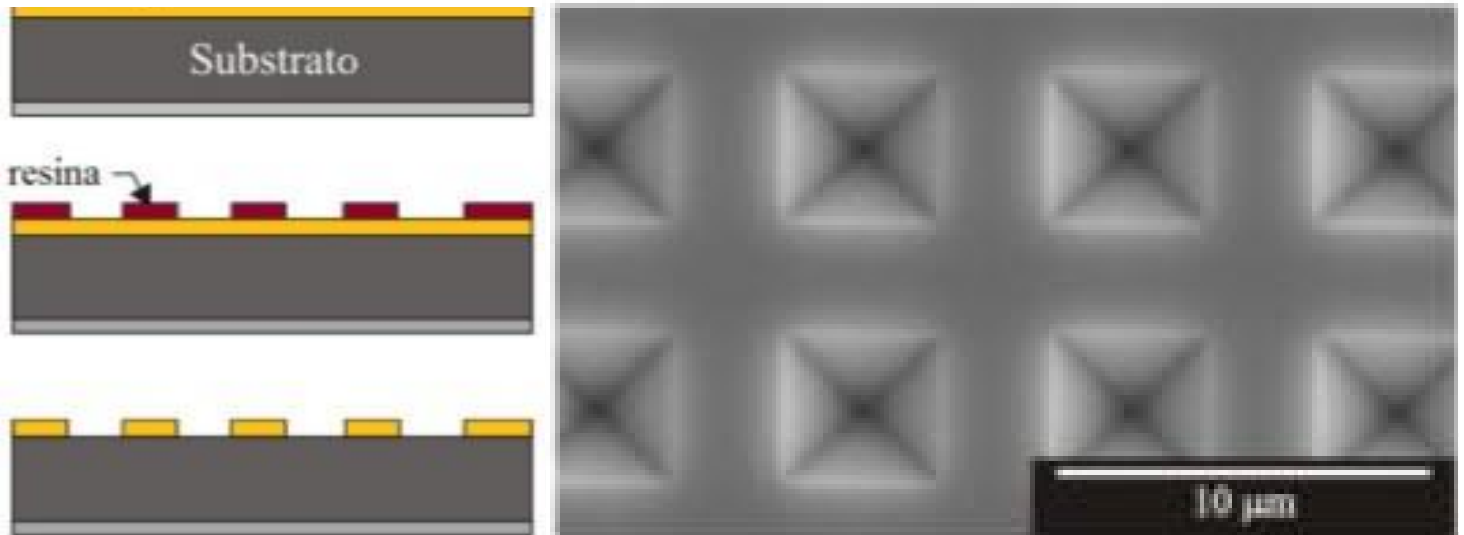


## Patrones de tapices fractales de cristales hallados en vacunas Covid





# Proceso de fabricación de cristales fotónicos basados en tecnología de silicio



## PROCESO DE FABRICACIÓN DE:

<b>A</b> Biochip microfluídico plasmónico para producción de radiofármacos y biosensores	<b>B</b> Nanoantena plasmónica de tipo pajarita para producción de biosensores transistores	<b>C</b> Biochip nanoporoso plasmónico electroforético para secuenciación genómica
<p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p> <p>(d)</p> <p>(e)</p> <p>(f)</p>	<p>(1) <math>\text{SiO}_2</math> &amp; <math>\text{Si}_3\text{N}_4</math> deposition</p> <p>(2) Photo lithography</p> <p>(3) RIE etching</p> <p>(4) ICP and KOH etching</p> <p>(5) Gold film deposition</p> <p>(6) BBA milling</p>	<p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p> <p>(d)</p> <p>DNA in</p> <p>DNA Out</p> <p>Nanopore Series</p>

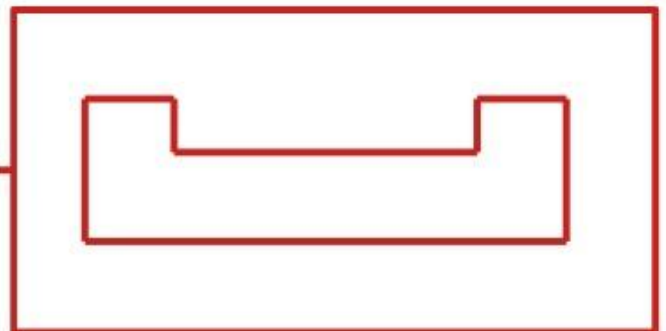
**A** - Desarrollamos el uso de la tecnología de los Sistemas Microelectromecánicos (Microelectromechanical Systems, MEMS) y de la microfluídica para conseguir diseñar un dispositivo biochip que permita sintetizar un radiofármaco de manera eficiente.

**B** - En este trabajo presentamos un nuevo tipo de microestructura, la antena de apertura tipo pajarita con puente (BBA), para producir un campo cercano eléctrico y magnético confinado y mejorado simultáneamente. Se emplea el teorema de nanocircuito óptico para revelar su mecanismo subyacente.

**C**- Nuestro grupo de investigación está investigando una nueva metodología de secuenciación de ADN basado en un sistema de biochip de nanoporos plasmónicos electroforéticos (EPIGeneS) que se utiliza para controlar la tasa de translocación de moléculas de ADN a través de una matriz fractal de nanoporos plasmónicos para permitir la secuenciación de ADN de reconocimiento óptico masivo en paralelo. El biochip EPIGeneS utiliza conductos nanofluídicos para transportar moléculas individuales de ADN conformadas geométricamente a través de una estructura de “barrera de atrapamiento” de nanoporos fractal compuesta de sílice colocada dentro de la ruta de suministro de fluido de los canales nanofluídicos del biochip.

### “Muro de castillo”

En todos los micro y nanodispositivos electrónicos biosensores mostrados en el cuadro anterior se puede percibir -en sus formas esquemáticas laterales- estructuras similares a formas de **“muro de castillo”**



### Cristal Covid con forma de “muro de castillo”

Obsérvese en adelante, dicha estructura en prácticamente todos los modelos biochips sensores analíticos que serán mostrados en este informe.

Dicha forma, **es esquemática**. Solo se puede observar (o intuir) a través de producir un corte transversal en el dispositivo para poder observar su estructura interior.

Esta, se forma a causa del proceso de fabricación de acoplamiento placario, y el marco y la forma de **“hendidura plana absorbida”** interior.

En este cristal Covid, imaginándolo plano de lado, se puede apreciar muy bien dicha forma esquemática lateral ya que la rotura del marco, facilita intuir su estructura esquemática de **“muro de castillo”**.



## Litografía blanda

Mediante litografía blanda se pueden obtener cristales fotónicos 1D y 2D de silicio con propiedades ópticas para detección. La litografía blanda podría suponer la solución a los problemas que presentan los cristales fotónicos como sensores.

La litografía blanda permite la producción a muy bajo coste utilizando materiales basados en polímeros biocompatibles como el **PDMS** (Polidimetilsiloxano) y el **PMMA** (Polimetilmetacrilato).

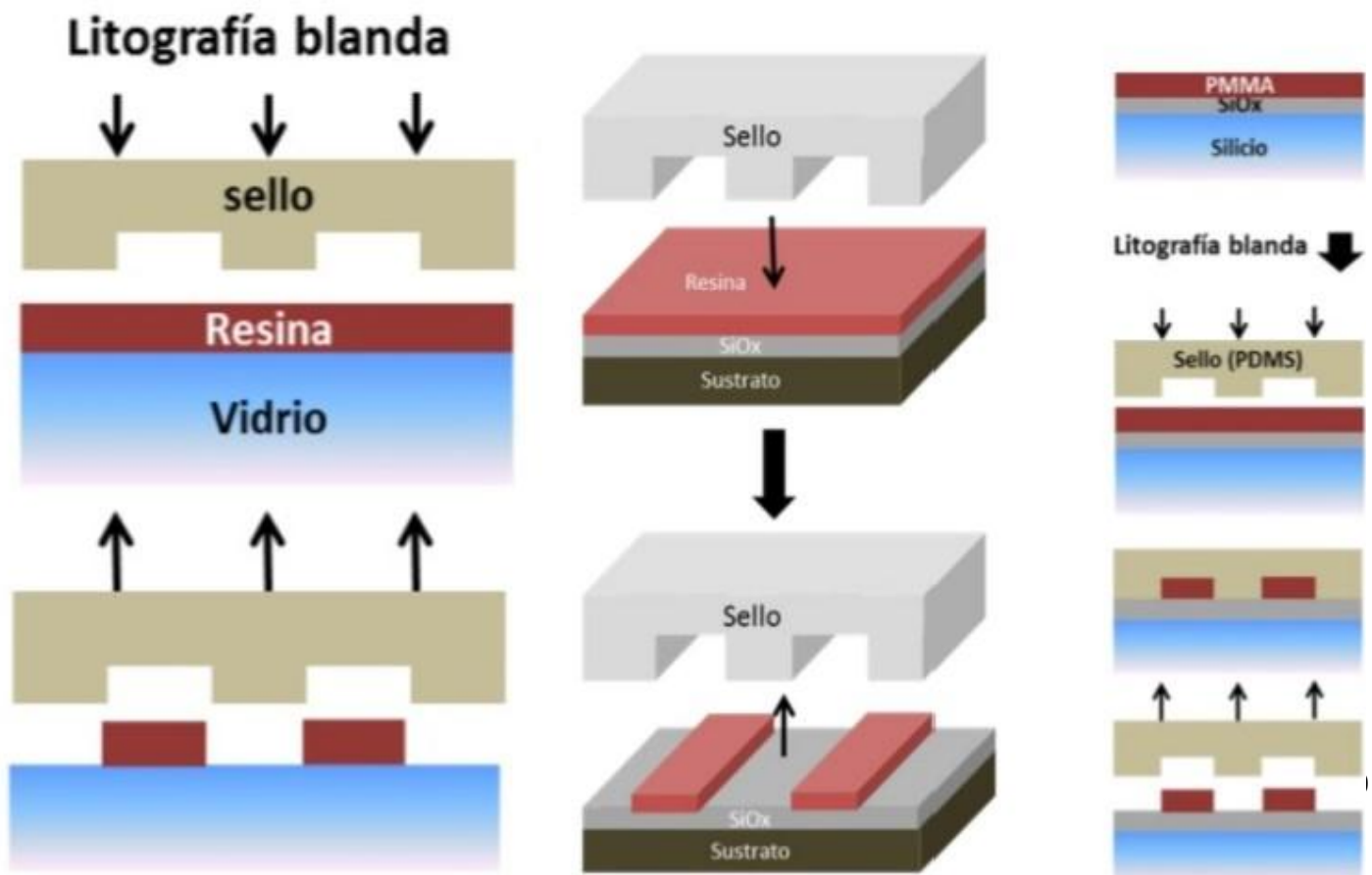
Gran parte de la nanofabricación comercial tiene lugar en la industria de semiconductores. Esencialmente todos los circuitos integrados se fabrican mediante una combinación de litografía por haz de electrones, que genera información en forma de características sobre las fotomáscaras y fotolitografía, que reproduce esa información.

Diversas áreas en nanociencia demandan de estos nuevos enfoques en nanoestructuración de materiales, como por ejemplo las áreas de química, biología, medicina, catálisis, plasmónica, y materiales para conversión y almacenamiento de energía.

La litografía blanda representa una alternativa a las técnicas convencionales de nanofabricación. Esta técnica proporciona un método conveniente, efectivo y de **bajo coste** para la fabricación y desarrollo de micro y nanofabricación. En la litografía blanda un sello elastomérico con un patrón de estructuras en relieve en su superficie es usado para generar patrones y estructuras con tamaños desde 30 nm hasta 100  $\mu\text{m}$ .

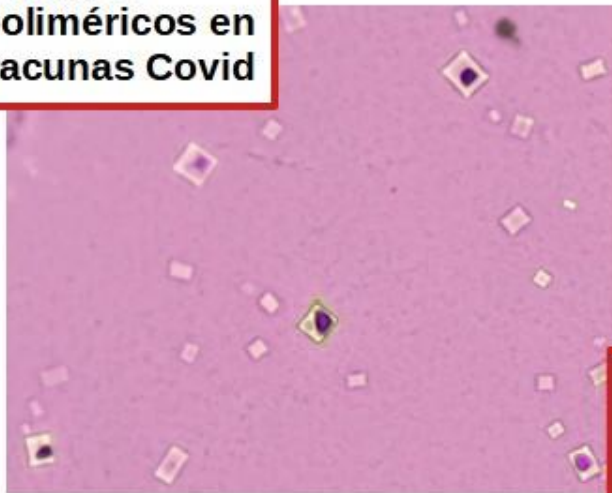
### Procedo de fabricación litográfico de microestructuras de PMMA y PDMS con resinas en cristales sobre sustratos de silicio

#### Forma de "muro de castillo"



# Litografía blanda

Cristales poliméricos en vacunas Covid

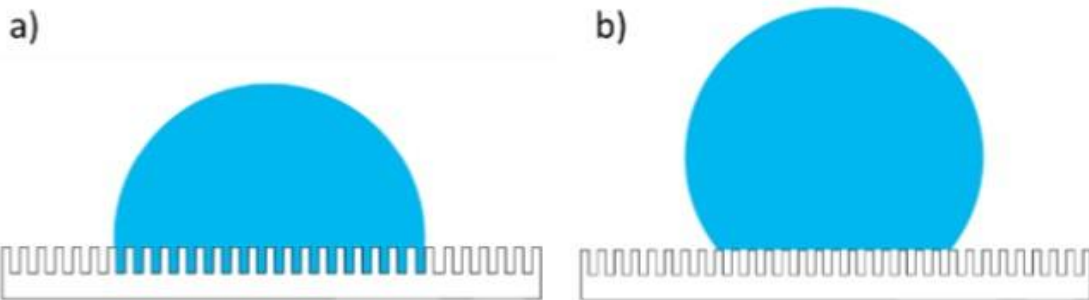


Cristales poliméricos de PDMS en sustrato de silicio

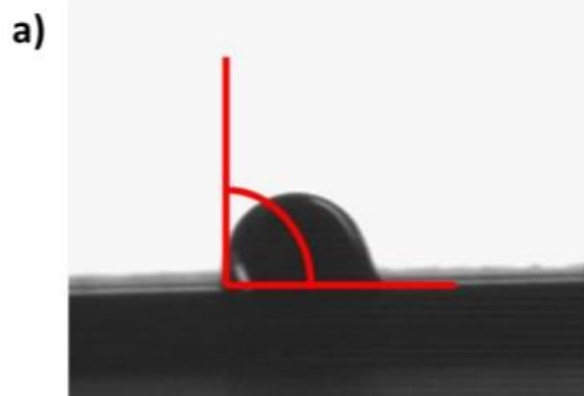


Proceso de fabricación mediante litografía blanda

Fabricación de bajo coste mediante litografía blanda de nanoestructuras de silicio en área extensa para superficies fotónicas hidrófobas e hidrófilas



**Figura 4. 7** a) Modelo Wenzel. b) Modelo Cassie-Baxter



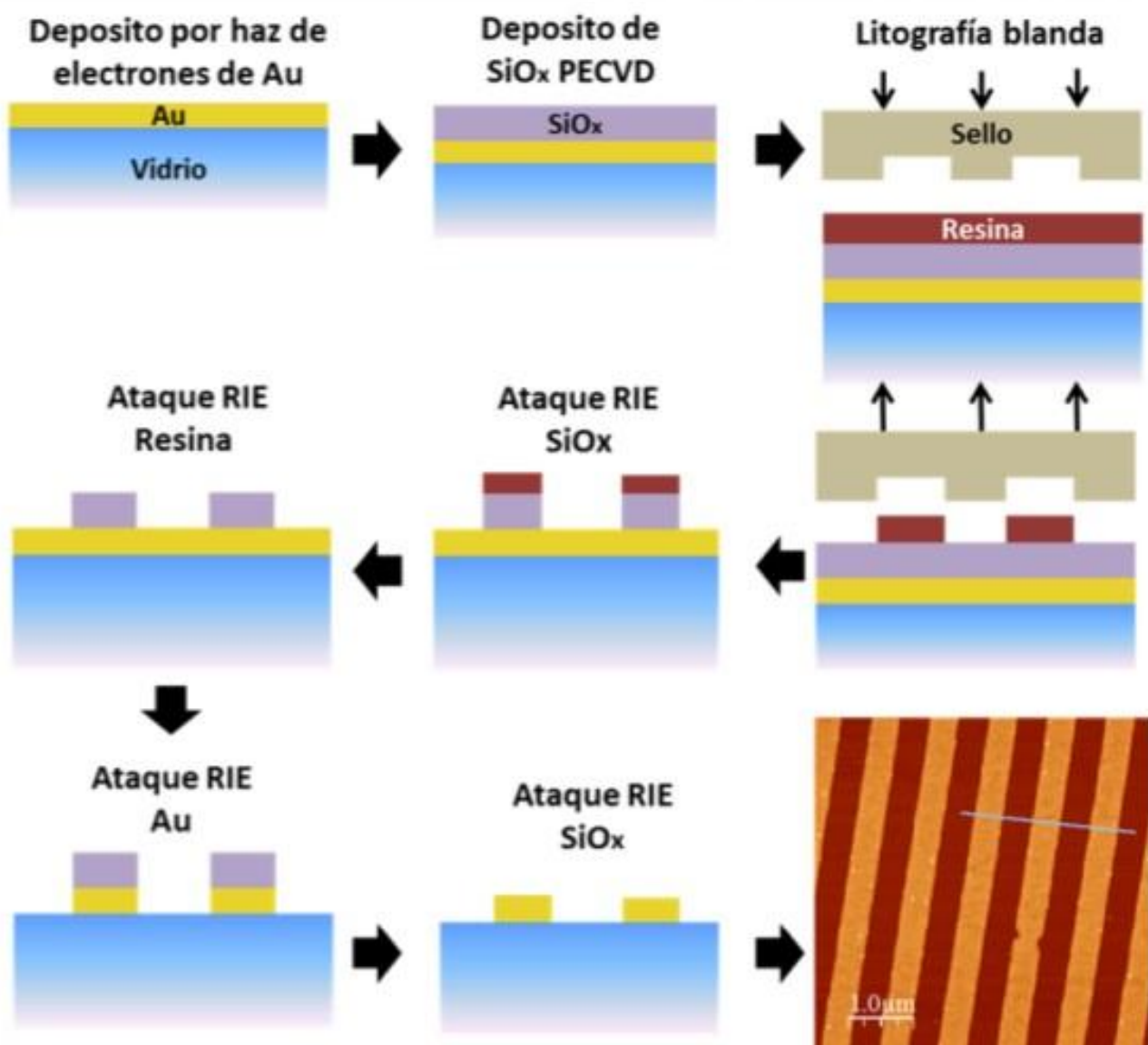
a) y b) Imagen del ángulo de contacto de una gota microfluídica sobre el sello de PDMS

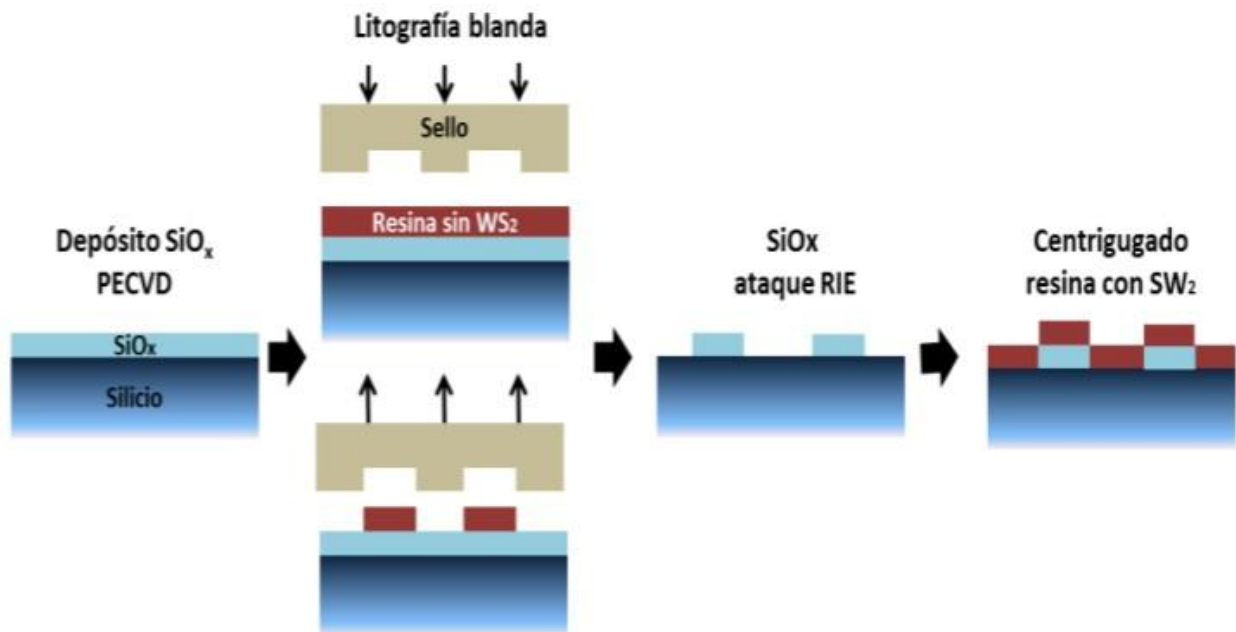
La técnica litográfica permite la nanoestructuración de sustratos a niveles nanométricos.

## Tipos de técnicas litográficas

- **Fotolitografía:** Este proceso consiste en depositar sobre el material a grabar una fotorresina, la cual puede ser positiva o negativa, sobre ésta se coloca una placa llamada máscara que contiene dibujado el patrón con los motivos que se quieren grabar.
- **Litografía por haz de electrones (e-beam):** Esta técnica utiliza un haz de electrones que imprime el patrón deseado sobre la resina.
- **Litografía por rayos X:** En esta técnica una resina es expuesta a un haz de rayos X a través de una máscara de igual modo que en fotolitografía.
- **Litografía por haz de iones (FIB):** Es una técnica similar a la litografía por haz de electrones pero en vez de un haz de electrones utiliza un haz de iones. El patrón puede ser impreso directamente en el material.
- **Litografía de escaneo por sonda:** Está técnica utiliza las interacciones de las sondas de los microscopios de efecto túnel o de fuerzas atómicas con la superficie para dibujar directamente sobre la superficie del material el patrón deseado.
- **Litografía blanda (soft lithography):** Es una variante de la técnica de nanoimpresión en la que se utiliza un molde elastomérico para la impresión del patrón en la resina.

Sensor nanoplasmonico de área extensa, bajo coste, respuesta rápida y alta sensibilidad basado en resonancias Fano.





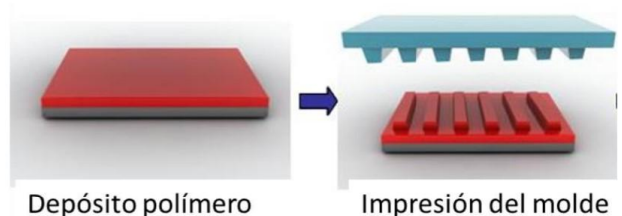
**Figura AV. 5** Esquema proceso de fabricación de patrones con diferentes periodos transferidos sobre  $\text{SiO}_x$  y posterior centrifugado de resina con  $\text{SW}_2$ .

- **Litografía por interferencia laser:** Este tipo de litografía utiliza la coherencia de la luz láser para grabar el patrón que se forma entre dos haces cuando interfieren en una película de fotorresina.

- **Litografía coloidal:** Esta técnica litográfica consiste en cubrir la superficie del material a grabar con una disolución que contenga una dispersión coloidal de nanoesferas que hagan de máscara para el futuro proceso de grabado.

- **Litografía de nanoimpresión (NIL):** La litografía por nanoimpresión utiliza la fuerza mecánica para impresionar un patrón a escala nanométrica y es capaz de conseguir características mucho más pequeñas que la litografía óptica. Utiliza un molde para imprimir directamente, ejerciendo presión sobre el molde el patrón es impreso sobre una película polimérica.

Representación esquemática de litografía de nanoimpresión



### Lab-on-chip (Laboratorio en un chip)

El concepto lab-on-chip (laboratorio en un chip) describe a sistemas de pequeño tamaño que integran elementos que permiten realizar diversas etapas de análisis químico en un mismo dispositivo. Dentro de estos sistemas lab-on-chip, los cristales fotónicos presentan un gran potencial para la detección óptica ya que ofrecen un fuerte confinamiento de la luz en volúmenes muy pequeños permitiendo la detección de diferentes especies en dimensiones nanométricas. En este sentido la búsqueda de materiales que puedan ofrecer unas propiedades ópticas específicas para su aplicación en detección de analitos concretos en sistemas lab-on-chip de bajo coste y que además posean una superficie hidrófoba o hidrófila. **Estos sistemas de biochip son utilizados en nanomedicina para un gran abanico de aplicaciones, por ejemplo, para inmovilizar moléculas de proteínas para diagnósticos médicos.**

## Biochips microfluídicos plasmónicos de PDMS

El polidimetilsiloxano (**PDMS**) **es un polímero de silicio**. Los PDMS son polímeros lineales que se encuentran en estado líquido hasta masas molares muy elevadas. Pueden reticularse para adoptar propiedades elastoméricas. Puede emplearse tanto en calidad de aislante eléctrico en electrónica orgánica -microelectrónica o electrónica de polímeros- como en microanálisis biológicos. Una de las aplicaciones más comunes del plasma de baja presión para el PDMS se encuentra en el ámbito de los sistemas microfluídicos: consiste en la estructuración del PDMS, seguida de un tratamiento con plasma y de la incorporación definitiva del biochip de PDMS en una placa de vidrio, una superficie de silicio o algún otro sustrato.

Algunas aplicaciones biomédicas de los sistemas microfluídicos en biochips de PDMS:

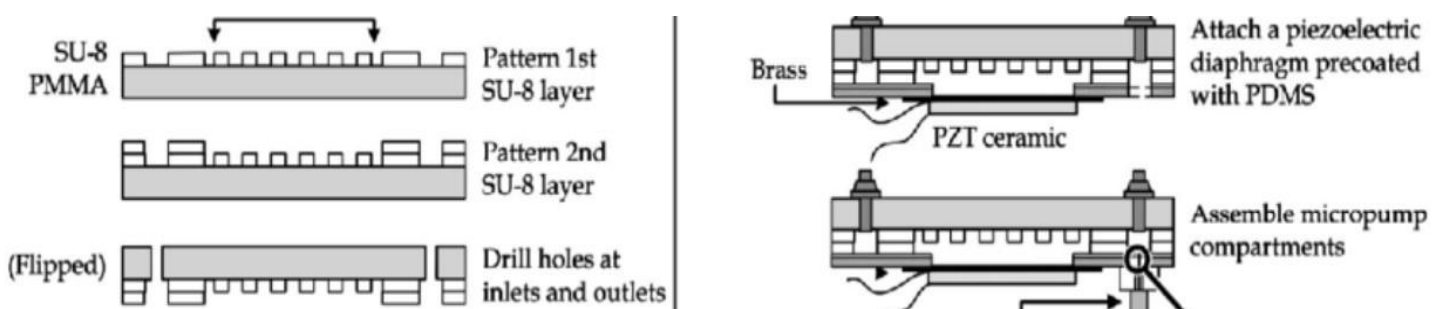
- Investigación de reacciones químicas
- Transporte de fluidos a escala microscópica
- Captura de organismos biológicos
- Diagnósticos clínicos en exámenes médicos

### Matriz array módulo de mezclas de microfluidos basado en polímeros controlados digitalmente

La investigación sobre microfluídica ha avanzado gracias a la microfabricación polimérica de nanocompuestos. La nueva microfluídica ya no está dirigida solo a dispositivos de silicio. El sistema de micromezcladores -entre muchas otras aplicaciones médicas y bioinformáticas- ha sido aplicado para:

- Detectar substancias químicas biológicas
- Manipular biofluidos
- Análisis unicelular
- Análisis subcelular
- Análisis molécula única

**Micromezcladores de microfluidos para biochips de PDMS sensores detectores biológicos con microimpulsores de sustrato PMMA basados en fotolitografía. Diagrama piezoeléctrico.**



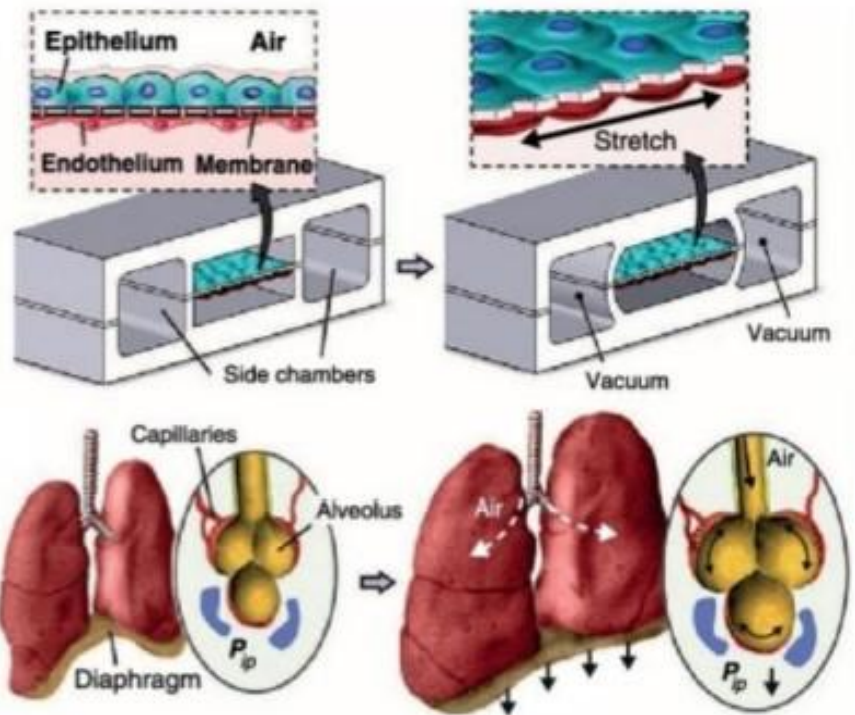
Los investigadores trabajan en desarrollar dispositivos de miniaturización micromezcladores cada vez más pequeños para procesos de preparación química. También se ha desarrollado un sistema de *controlador portátil*, controlado por computadora, para control de -entre otros- procesos de:

- Componentes microfluídicos
- Iniciación de sistemas microfluídicos con secuencia ajustable
- Mezcla rápida
- Control de proporción de mezcla
- Manipulación automatizada de procesos biofluidicos
- Detección química enfocada

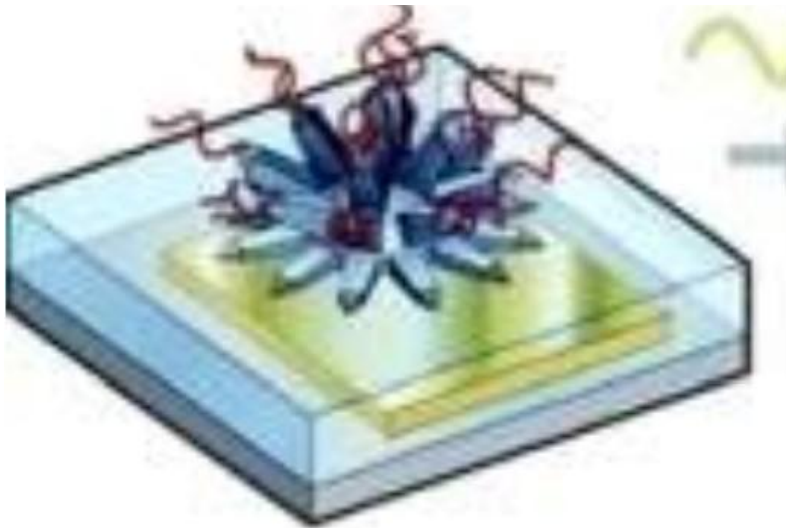
## Biochip microfluídico polimérico plasmónico

Biochip híbrido de PDMS utilizado en biomedicina para el tratamiento de funciones pulmonares. Se puede apreciar la doble forma de “**muro de castillo**” polimérico encapsulando el sustrato biosensors plasmónico en el centro del dispositivo Micro-Laboratorio en un Chip para producción de radiofármacos.

El **polidimetilsiloxano (PDMS)**, pertenece a un grupo de **compuestos de organosilicio poliméricos**. Es ópticamente transparente y se utiliza en diversas aplicaciones, como dispositivos médicos.



## Biochip microfluídico plasmónico para análisis de ARNm



El dispositivo, construido con nanomateriales, detecta biomarcadores que indican la presencia de cáncer a nivel celular. El biochip se usa por ejemplo en el diagnóstico de cáncer de próstata, cabeza y cuello.

También puede usarse no solo para diagnosticar y evaluar otros tipos de cáncer, sino también enfermedades infecciosas como el SIDA o la influenza A. Los diversos nanoelectrodos dispuestos en el interior del biochip permiten la lectura inmediata de los resultados en forma de voltaje eléctrico.

Se pueden analizar tanto extractos de células como muestras de tejido.

**El biochip demostró ser eficiente para analizar muestras incluso de solo 10 nanogramos de ARNm.**



## Un laboratorio en un chip: microfábrica química del tamaño de un chip

Los *laboratorios en un chip* o *microlabs* pueden separar muchos compuestos químicos, incluidas las sustancias biológicas, lo que crea la categoría de biochips.

El proceso más utilizado en su funcionamiento es la electroforesis capilar.

En esta tecnología, la mezcla a separar se inserta en los microcanales del biochip al que se aplica un alto voltaje. La tensión hace que los componentes de la mezcla se muevan a lo largo de los microcanales.



Los biochips o microlaboratorios son verdaderos laboratorios clínicos del tamaño de un chip de ordenador, y están siendo utilizados cada vez más y más en el día a día. Pero su utilidad va mucho más allá de los exámenes médicos, posibilitando la creación

de verdaderas microfactorías, capaces de sintetizar compuestos químicos de muy alto valor, un área conocida como *química fina*.

### Biochip sensor plasmónico para análisis de glucosa

Se acaba de crear un nuevo sensor que puede detectar los niveles de azúcar en sangre analizando, no la sangre, sino la saliva. Podría representar el final de las picaduras a las que los pacientes diabéticos son sometidos a diario. La técnica ha sido incorporada en un chip milimétrico, utilizando las mismas tecnologías que utiliza la microelectrónica para fabricar procesadores de computadora. La tecnología también podría usarse para detectar otras sustancias químicas biológicas.

La nueva técnica es el resultado de una convergencia entre la nanotecnología y un campo aún más reciente, llamado plasmónicos, que explora la interacción entre electrones y fotones, creando "ondas" llamadas plasmones de superficie.

Estos biochips pueden ser usados para ejecutar múltiples pruebas de biomarcadores para pacientes individuales, o todas a la vez y en paralelo. Con una sensibilidad sin precedentes.

## **Campos eléctricos y láser combinados en un chip biológico; manipulación optoeléctrica híbrida en un chip de fluidos**

Los investigadores han desarrollado una nueva tecnología que combina rayos láser y campos eléctricos para manipular líquidos y pequeñas partículas dentro de un chip de vidrio lleno de microcanales, el llamado chip de microfluidos.

Esta miniaturización abre una amplia gama de posibles aplicaciones, desde la investigación de laboratorio y la fabricación de medicamentos y otros productos químicos finos, hasta el control de la calidad de los alimentos. [IOT]

El campo eléctrico hace que circule el líquido calentado, gracias a un fenómeno conocido como "vórtice de microfluidos". Este vórtice se utiliza para aislar ciertos tipos de partículas sólidas del líquido circulante, funcionando como una microcentrifugadora.

**La técnica permite manipular bacterias, virus o moléculas de ADN, incorporando en un chip lo que hoy en día requiere equipos de laboratorio a gran escala.**

Este rango operativo permite manipular desde objetos considerados grandes en el campo de la nanotecnología, como gotas, hasta pequeñas moléculas de ADN dentro de estas gotas. Hay dos posibilidades de aplicación principales: micro y nanofabricación sensores de *laboratorio en un chip*.

Estos "laboratorios en un chip", o microlabs, han demostrado ser útiles en aplicaciones muy relevantes en el campo de la biología y la biomedicina.

**La tecnología ya está lista para algunas aplicaciones, incluido diagnóstico médico y recolección y análisis. (2011)**

## **Nanoválvulas: los grifos más pequeños del mundo**

Se ha construido una nanoválvula: un grifo tan pequeño y preciso que es capaz de capturar y liberar moléculas individuales. El equipo se puede utilizar en microlaboratorios ("*lab-on-a-chip*"), para liberar la menor cantidad posible de compuestos para una reacción química **o incluso dentro de células vivas.**

La nanoválvula es una especie de grifo microscópico, formado por moléculas de rotaxano y diminutos trozos de vidrio (sílice porosa), que miden unos 500 nanómetros de longitud. Los poros del vidrio, que miden sólo unos pocos nanómetros de diámetro, son lo suficientemente grandes como para dejar pasar moléculas individuales, pero lo suficientemente pequeños como para ser obstruidos por moléculas de rotaxano. Al girar su centro móvil, se pueden cerrar o abrir los nanoporos de vidrio, atrapando o soltando las moléculas con las que está trabajando. La energía química de un solo electrón como fuente de energía para abrir y cerrar el "nanotap". los científicos planean mejorar la nanoválvula, haciéndola en dimensiones compatibles con la manipulación de enzimas.

**Jeffrey I. Zink, miembro del equipo, dijo: "Se podría utilizar una nanoválvula como mecanismo de administración de fármacos".**

**Como la nanoválvula es mucho más pequeña que las células del cuerpo humano, los científicos esperan algún día poder insertar su diminuto equipo, lleno de biomoléculas, dentro de las células; la nanoválvula podrá entonces liberar los fármacos que transporta exactamente dentro de la célula a tratar. (2005)**

## Biochips de “papel” desechables

Los microcanales presentes de forma natural dentro del papel pueden reemplazar los microcanales construidos con alta tecnología en los biochips actuales. Los microcanales se utilizan para permitir que se examinen pequeñas cantidades de líquido: agua, sangre, sudor, orina, etc. **Los primeros biochips desechables ya están comenzando a aparecer (2008).**

Estos microlabs se conocen como biochips precisamente porque se fabrican con la misma tecnología que los chips de computadora. Los microcanales, construidos mediante fotolitografía o con moldes de alta precisión, pueden ser reemplazados por los canales internos presentes de forma natural en el papel. Todo lo que hay que hacer es dotar a estos canales de paredes impermeables, de modo que los fluidos a examinar estén contenidos en su interior y fluyan por capilaridad.

**Estos biochips microfluídicos analíticos** son lo suficientemente sensibles para la mayoría de las aplicaciones médicas prácticas, y **contiene en su interior una red de microcanales** permeables, es decir, un dispositivo microfluídico, con la misma funcionalidad que los biochips o microlabs construidos con la más alta tecnología.

## Biochips poliméricos semi-desechables a 0,25 céntimos

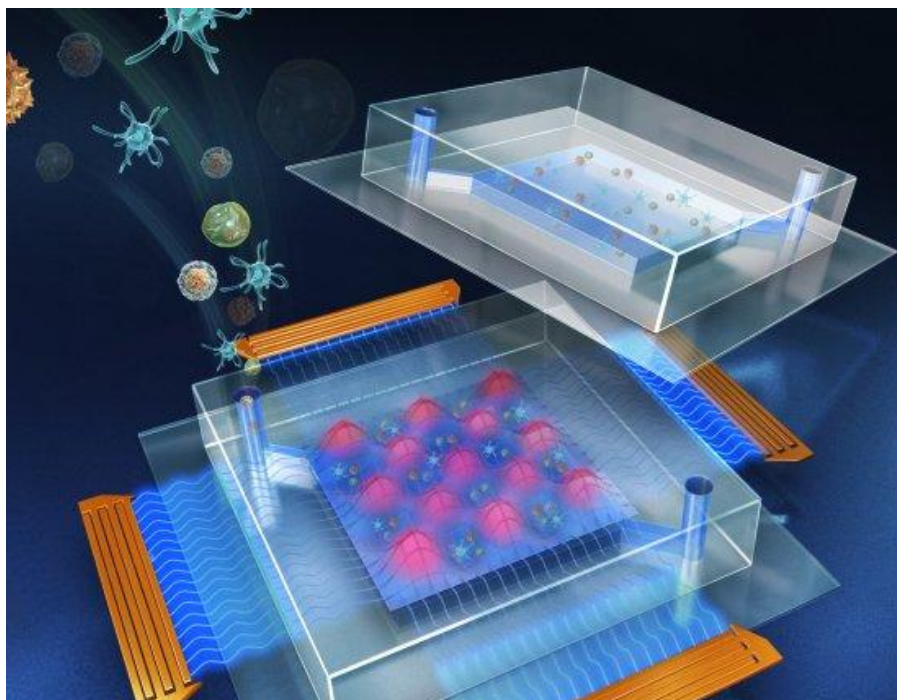
Ahora se ha dado otro paso importante para habilitar los biochips de microfluidos para análisis químicos y biológicos. Los dispositivos anteriores funcionan bien pero para que se utilicen en diagnósticos es necesario desechar todo el dispositivo después de un uso. Ahora hemos encontrado una manera de separar la parte que contiene el fluido que se examinará de la base piezoeléctrica que produce el ultrasonidos. Esto hace posible la fabricación de pinzas acústicas desechables.

En la nueva versión, se agregó una capa intermedia, pero el ultrasonido es lo suficientemente fuerte como para manipular y organizar las células dentro de la parte de plástico.

Esta organización de las células es importante para evaluar la acción de los fármacos sobre las células e identificar elementos patógenos.

Los biochips poliméricos desechables se utilizan en diversos tipos de aplicaciones médicas y biológicas.

## Biochips microfluídicos de cartuchos desechables para detectar enfermedades



Portada de la revista: *Lab on a Chip*

**La parte plástica desechable del biochip se puede fabricar por US \$ 0,25 la unidad.**

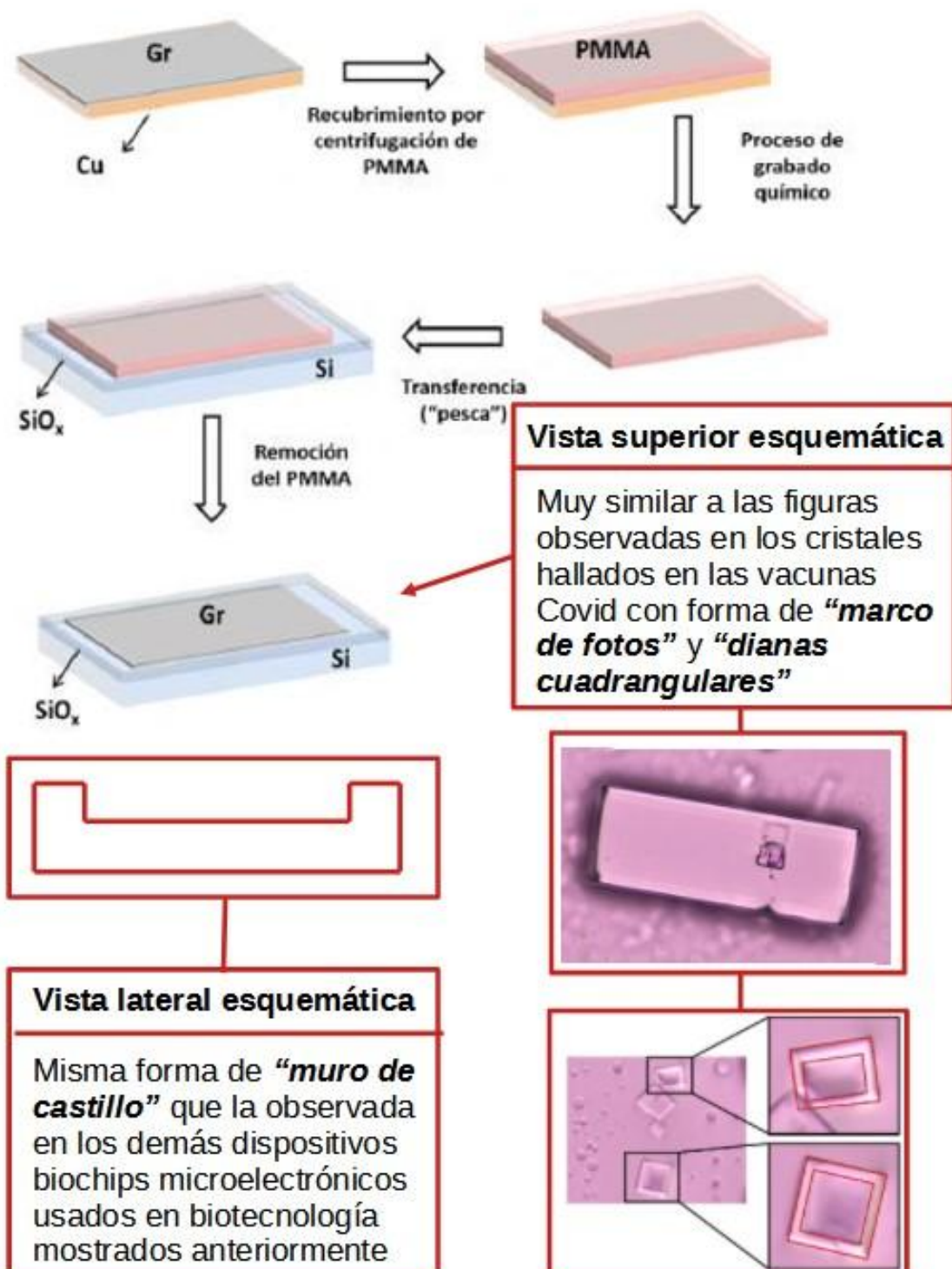
## Grafeno como sustituto del silicio; transferencia húmeda PMMA

El grafeno es un buen candidato para sustituir y/o complementar al silicio en los dispositivos electrónicos, dado que presenta una elevada movilidad electrónica y baja resistencia eléctrica.

El método más utilizado de transferencia es el "método de transferencia húmeda" en este el grafeno se deposita sobre el sustrato polimetilmetacrilato (PMMA).

Dependiendo del método de transferencia, se obtienen diferentes propiedades ópticas, eléctricas y estructurales.

### Diagrama esquemático de la transferencia húmeda de grafeno a sustratos de silicio utilizando PMMA



## Nano-transistor de grafeno de 1 nanómetro

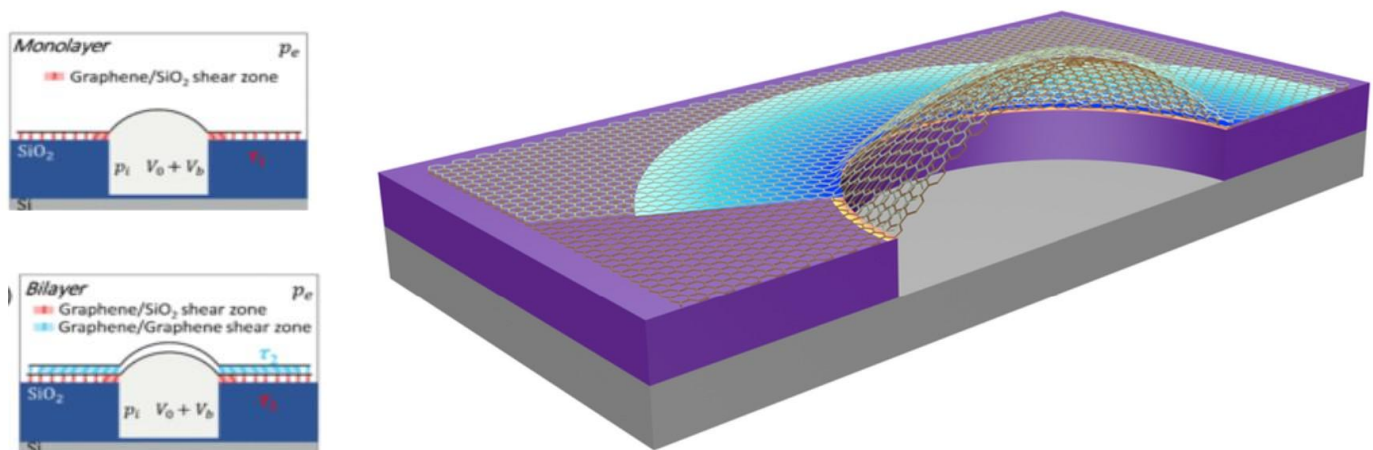
El grafeno reemplaza al silicio en semiconductores.

Investigadores del Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología han descubierto una manera de que el grafeno tenga una banda idéntica a la del silicio, por lo que se podría usar como material para crear nanochips.

**Con este nuevo sistema, replicable a gran escala, se da un paso hacia la comercialización masiva de transistores y nanochips con grafeno.**

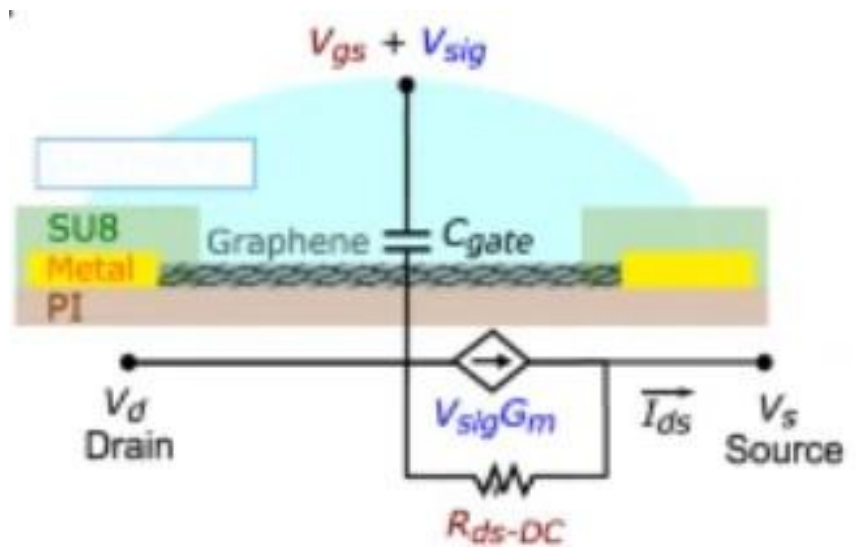
Los investigadores han logrado alcanzar escalas de hasta 1 nanómetro

**Dispositivo de carga de microburbujas basado en grafeno bicapa y grafeno monocapa sobre sustrato de óxido de silicio.** (Obsérvese también la forma de “*muro de castillo*”).



## Sensor de grafeno de banda ancha de frecuencia para la monitorización inalámbrica a largo plazo de la actividad cerebral.

Los sensores activos de grafeno han demostrado capacidades prometedoras para la detección de señales electrofisiológicas en el cerebro. Sus propiedades funcionales, junto con su flexibilidad, así como su estabilidad y biocompatibilidad esperadas, los han convertido en un pilar prometedor para las **interfaces neuronales de detección a gran escala**. Nuestro trabajo demuestra la madurez de la tecnología basada en grafeno, que representa un candidato prometedor para interfaces de detección neural de banda ancha de frecuencia crónica. (Forma de “*muro de castillo*”).



## Dispositivo electrónico a base de nanocintas de grafeno

Microtransistor con capacidades de encendido y apagado ON/OFF  
(Forma de **“muro de castillo”**).



## Nano-biochip sensor plasmónico de grafeno

Un nano-sensor de grafeno que utiliza resonancia de plasmón de superficie para la detección de biomateriales.

Los biosensores de grafeno han recibido cada vez más atención en las últimas dos décadas **debido a su capacidad para aprovechar los campos electromagnéticos de una manera fantástica.**

Los biosensores plasmónicos de grafeno han recibido una atención significativa para aplicaciones a nanoescala.

Para evaluar los parámetros de rendimiento del **sensor bio-nanochip** propuesto, se consideran los efectos de diferentes biomateriales.

Los dispositivos de detección inteligente han sido buenos candidatos para la monitorización de biomateriales en campos modernos como la nanotecnología. Dichos sensores tienen como objetivo reemplazar los voluminosos sensores tradicionales que se utilizan en las industrias.

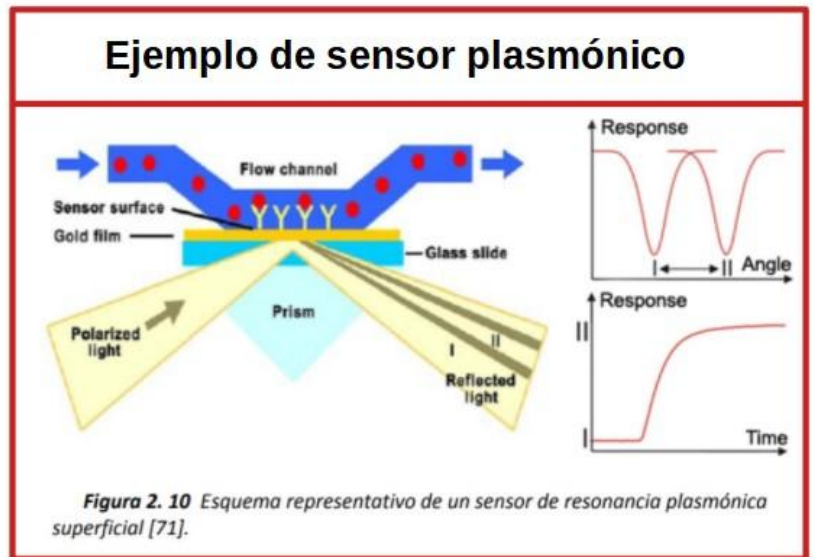
Estos dispositivos de detección inteligente se pueden utilizar como biosensores ópticos a través de técnicas etiquetadas o métodos sin etiquetas para detectar biomateriales incoloros y de color.

Algunos biomateriales detectables con el nano-biochip sensor de grafeno	Plataformas propuestas para el nano-biochip sensor de grafeno
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clorobenceno</li> <li>• Quinolina</li> <li>• Éter</li> <li>• Etilenglicol</li> <li>• Etanol</li> <li>• Sangre</li> <li>• Proteínas</li> <li>• Hormonas</li> <li>• Sorción de agua</li> <li>• Actividades citotóxicas</li> <li>• Pérdida ósea</li> <li>• Múltiples biofluidos y biomateriales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanopartículas</li> <li>• Puntos cuánticos</li> <li>• Resonadores de microanillo</li> <li>• Componentes de antena</li> <li>• Cristales fotónicos</li> <li>• Nanomateriales</li> <li>• Sistemas de resonancia de plasmón de superficie</li> </ul>

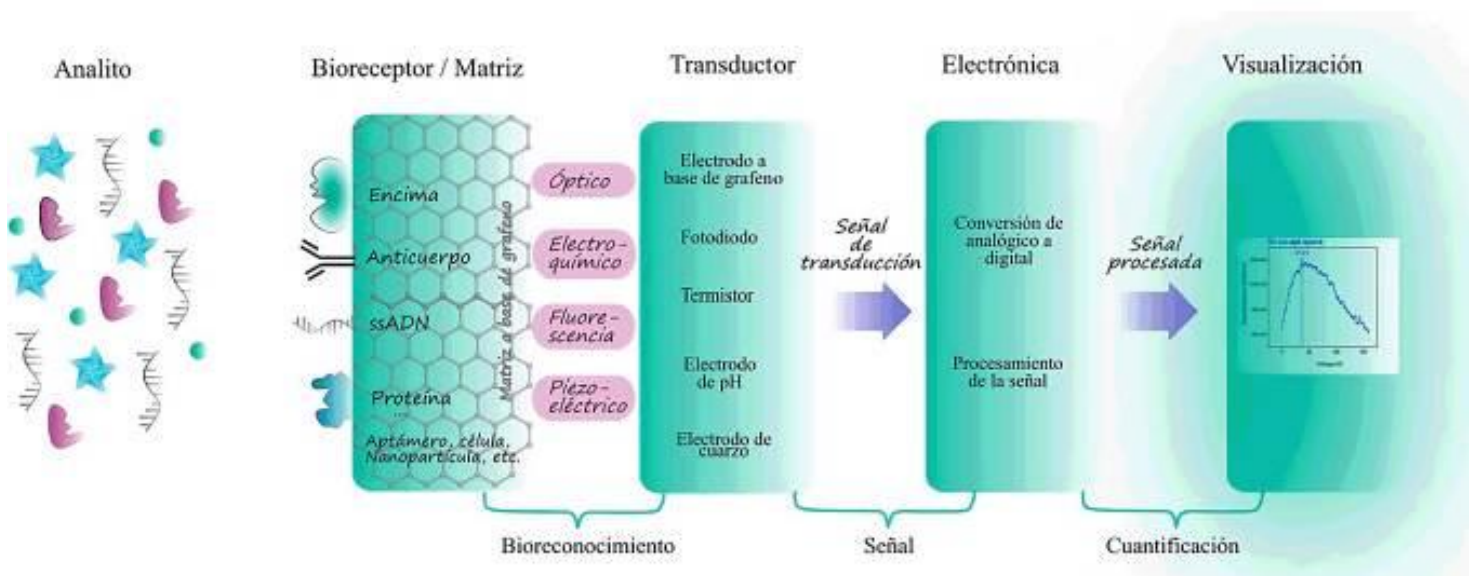
## Dispositivo plasmónico de grafeno para detectar virus capaz de analizar una sola molécula

Investigadores de la Universidad de Manchester y la Universidad de Aix-Marsella desarrollaron un nuevo dispositivo óptico que puede analizar **una sola molécula** rápidamente, utilizando Plasmonics (el estudio de vibraciones de electrones en diferentes materiales). Pudiendo ser utilizado para detectar virus.

El dispositivo utiliza materiales artificiales con oscuridad topológica que son muy sensibles a una sola molécula pequeña. Esto se basa en las propiedades topológicas de la fase de luz. El material artificial está cubierto con grafeno, uno de los mejores materiales que se pueden usar para medir la sensibilidad de las moléculas.



## Sistema de funcionamiento de un biosensor analítico de array o matriz de grafeno

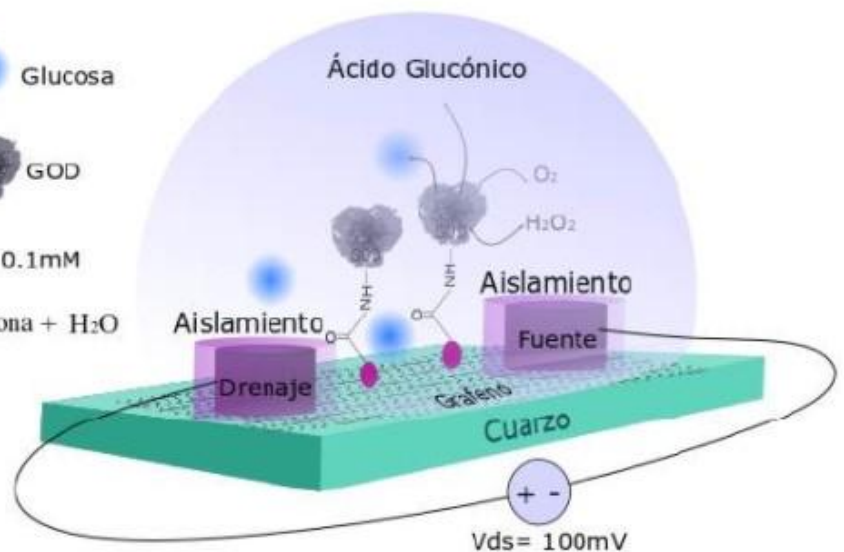


Un **sensor** se define como un dispositivo analítico que comprende un elemento activo que sensa y un transductor, el cual produce una señal de salida. El elemento sensor es responsable de la detección selectiva del analito, mientras que el transductor convierte un evento físico o químico en una señal.

Un **BIOsensor** es un sensor que el elemento a sensor (el analíto) consiste en algún tipo de elemento biológico como -entre otros-:

- Enzimas
- Anticuerpos
- ADN o ARN
- Proteínas
- Células
- Receptores celulares
- Nanopartículas
- Biofluidos
- Químicos
- Oligonucleótidos
- Polinucleótidos
- Microorganismos
- Moléculas individuales
- Tejido biológico completo

## Biosensor plasmónico de grafeno para detección de glucosa



### Forma de “muro de castillo”

Existen múltiples dispositivos miniaturizados nanotecnológicos a base de grafeno que están siendo implementados en el mundo médico. En un estudio publicado en la revista Science Advanced los científicos descubrieron **cómo controlar el latido de las células cardíacas humanas en un plato utilizando sólo luz y grafeno.**

Se espera que este método se pueda usar para construir mejores dispositivos marcapasos miniaturizados ya que controlan los latidos del corazón.

Alex Savtchenko, físico de la Universidad de California en San Diego y coautor del estudio dice que **“podríamos tener un pequeño trozo de grafeno unido a un músculo cardíaco” y controlar la velocidad de los latidos del corazón.**

**Podrían hacerlo 1.5 veces más rápido, 3 veces más rápido, 10 veces más rápido o todo lo que necesitaran.**

**Esto significa que los científicos pueden hacer que el grafeno imite un patrón de electricidad similar a varias enfermedades del corazón.**

Además, el grafeno podría usarse también para controlar la electricidad del cerebro.



## Biochip analizador de moléculas de ADN amplificador y transmisor de señal

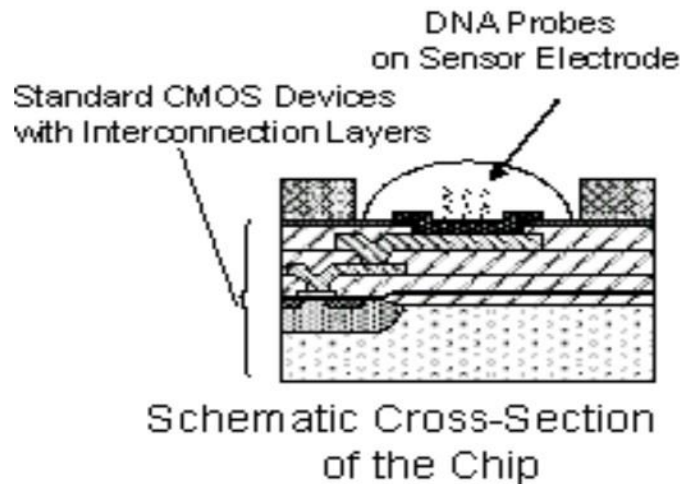
Se ha desarrollado un nuevo biochip (2004) "chip de ADN", un microlaboratorio electroquímico de alta sensibilidad capaz de detectar moléculas de ADN a bajas concentraciones.

**Un chip de ADN es un dispositivo diminuto con sensores capaces de detectar moléculas de ADN.** El nuevo chip de ADN integra sus sensores con los circuitos CMOS tradicionales, los mismos que se encuentran en los microprocesadores comunes que se utilizan en las computadoras y la mayoría de los dispositivos electrónicos.

El **semiconductor complementario de óxido metálico** o *complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS)* es una de las familias lógicas empleadas en la fabricación de circuitos integrados.

Los chips de ADN incorporan electrodos como sensores para detectar el ADN en forma de una corriente electroquímica que se transmite a un analizador de genes automático.

El nuevo chip integra un circuito detector de señal CMOS con cada sensor. El circuito CMOS también amplifica la señal antes de transmitirla. Como todo el circuito se construye directamente sobre el sustrato del chip, el tamaño total del componente ha disminuido significativamente.



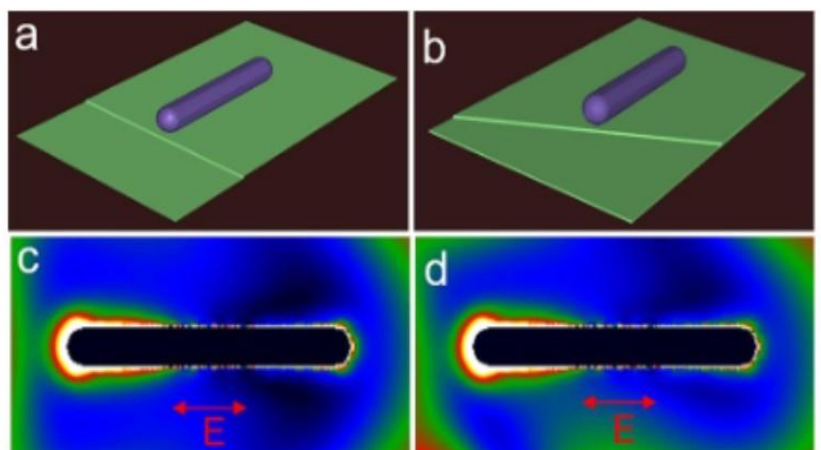
**Estos microlaboratorios pueden permitir avances en la detección de genes, análisis de laboratorio y seguimiento de la salud de las personas predispuestas a una enfermedad.**

## El campo de la plasmónica implica que la luz golpee la superficie de un material y desencadene ondas de electrones, conocidas como campos plasmónicos

Los científicos han estado persiguiendo el desarrollo de dispositivos plasmónicos con una amplia gama de aplicaciones, desde el procesamiento de información cuántica hasta la optoelectrónica y los sensores con fines biológicos y médicos. (La optoelectrónica combina dispositivos electrónicos y componentes basados en la luz).

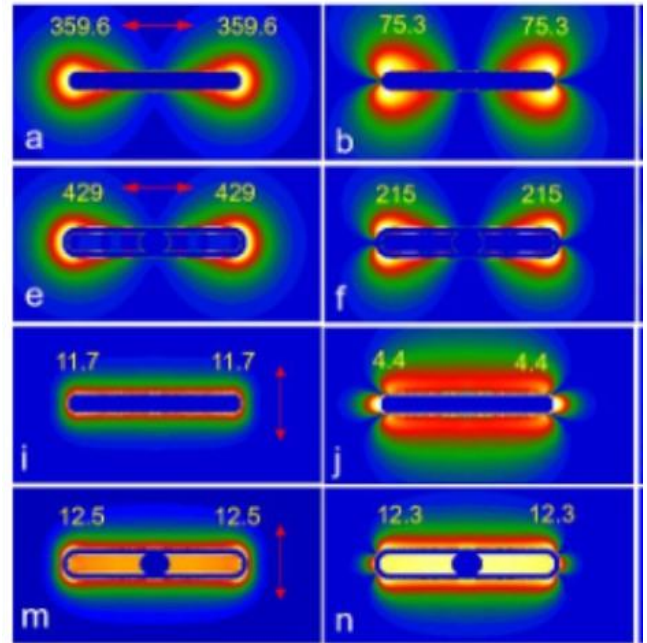
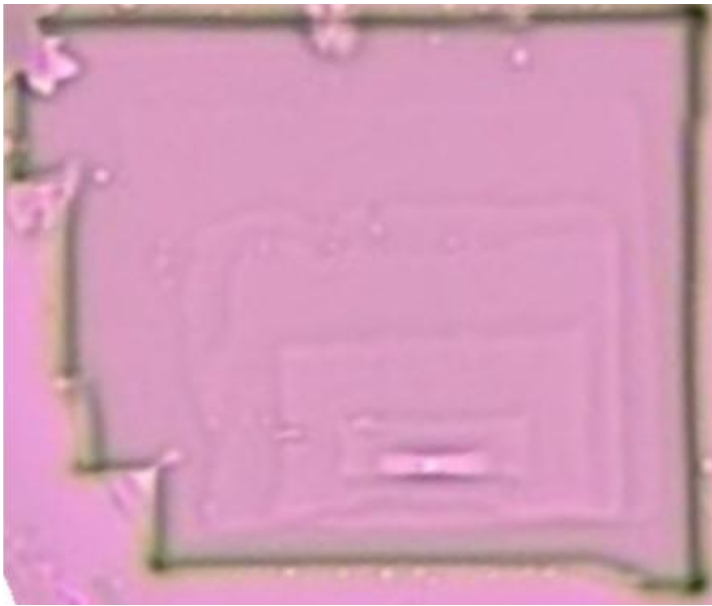
Los plasmones de superficie son oscilaciones electrónicas inducidas por la luz en la superficie de una nanopartícula o en una interfaz de una nanopartícula y otro material.

Es una nueva manera de manipular la carga en forma de un campo plasmónico y otros fenómenos **utilizando la luz a nanoescala.**



## Visualización de acoplamientos plasmónicos mediante microscopía electrónica

Cristal Covid



### Biosensor de grafeno basado en fibra óptica para análisis de moléculas de ADN con sistema de encendido y apagado "ON/OFF"

La hibridación de ADN se puede detectar utilizando técnicas ópticas como fluorescencia, quimioluminiscencia, resonancia de plasmones superficiales o interferometría. Existen métodos que utilizan técnica de fluorescencia, donde el grafeno en estos casos ayuda a desactivar la señal fluorescente y atrae el uso de ensayos tipo **"turn on/off"**. La desactivación de fluorescencia es el método de detección más común y menos complicado para sensores de ADN que emplean grafeno.

Una sola cadena de ácidos nucleicos tiene una afinidad natural con el sistema aromático de grafeno mediante el apilamiento de sus nucleobases, en donde consecuentemente el ADNss (ADN de cadena sencilla) marcado con fluorescencia se absorbe en la superficie del grafeno permitiendo que ocurra una transferencia de energía.

Tras la hibridación del ADNss con su cadena complementaria, el ADN se absorbe del grafeno y se restaura la fluorescencia del sistema. De esta manera, es como se pueden construir **biosensores de "encendido"/"apagado"**.

El óxido de grafeno también se utiliza para absorber eficazmente el ADN. La adsorción de ADN se puede ver afectada por varios factores, como el hecho de que los ADN de menor extensión se adsorben más rápido y se unen más fuertemente a la superficie del grafeno.

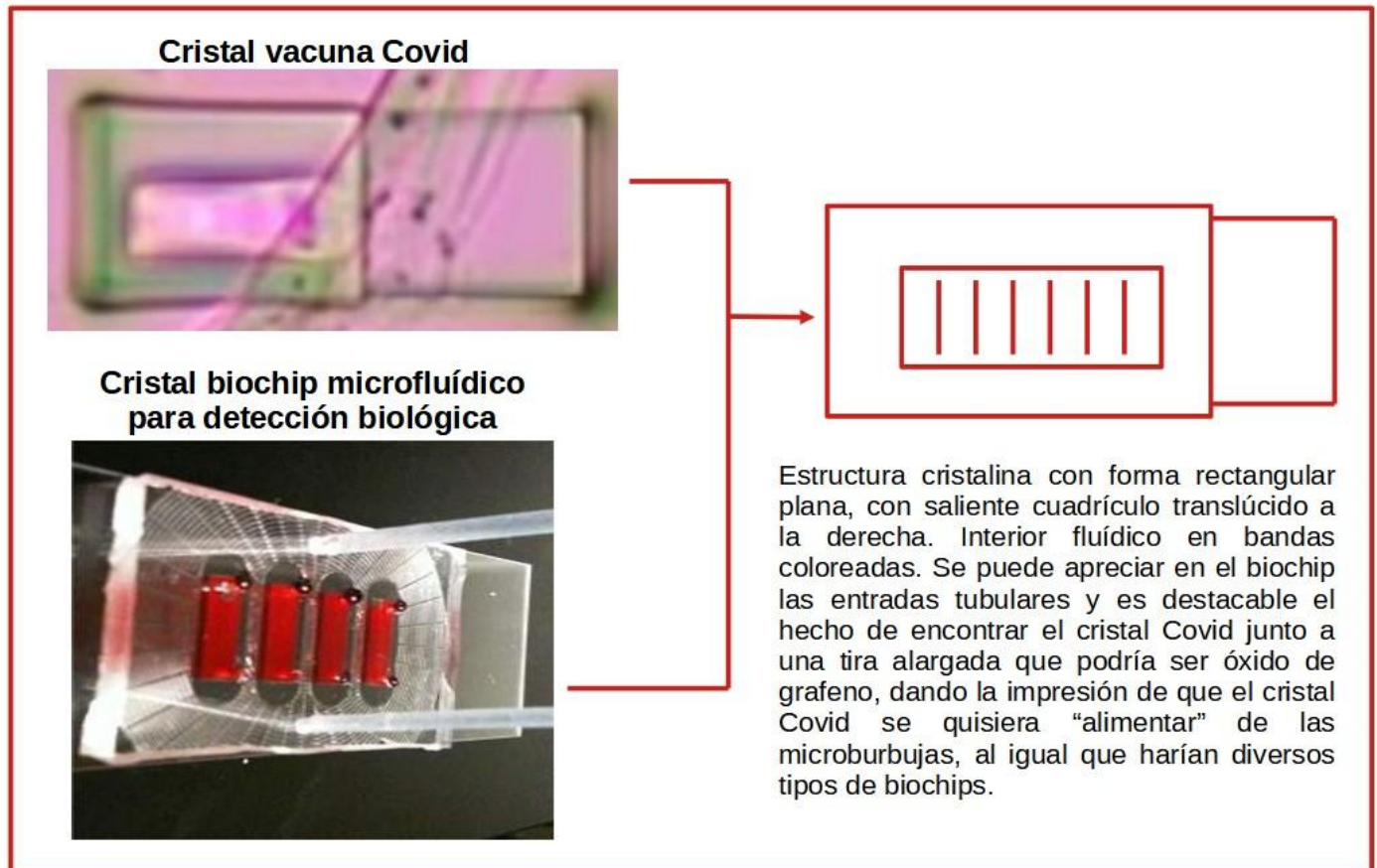
El grafeno, GO y rGO son aceptados como desactivadores universales, y se han utilizado como superficies receptoras en muchas aplicaciones basadas en transferencia de energía.

## Biochip microfluídico de diagnóstico clínico para VIH con forma de cristal de sal y de “USB”

El pequeño chip de microfluidos prueba seis parámetros simultáneamente. Ha sido fabricado para detectar el supuesto virus del VIH. La forma de diagnosticar el VIH consiste en contar dos tipos de células T y calcular la proporción entre los dos tipos, además de medir las citocinas...

El biochip puede contar físicamente el número de estas células, y detectar los niveles de proteínas inflamatorias (citocinas).

El biochip consiste en un array o *micromatriz* de anticuerpos. Solo tarda unos segundos en contar el número de células capturadas y el número de moléculas de citocinas secretadas.



Los biochips pueden tener una apariencia muy similar a un cristal de sal.

## Biochip de almacenamiento de datos en ADN

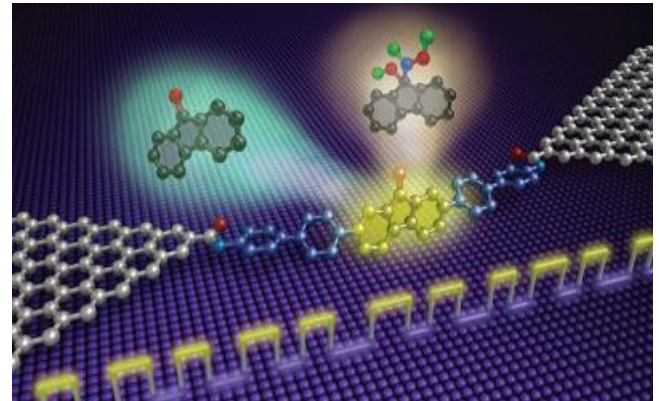
Los investigadores han logrado un avance significativo en el almacenamiento de datos en moléculas de ADN mediante la construcción de un chip que automatizará la tarea. El microchip le permite "hacer crecer" las moléculas de ADN en micropocillos individuales, creando un medio de almacenamiento de datos 3D de alta densidad a un **costo ultra bajo** y capaz de almacenar esta información durante cientos de años

El almacenamiento de datos en el ADN utiliza las cuatro bases que componen el ADN biológico: adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C), para almacenar datos de una manera análoga a los ceros y unos de la informática tradicional.

**Esta técnica se ha restringido a aplicaciones de experimentos tempranos en el llamado "ADN de las cosas " pero existe un gran interés en el ADN como medio de almacenamiento para archivos de datos masivos.**

Los primeros resultados del proyecto son microchips de prueba de concepto, pero ya **fabricados a escala nanométrica, que contienen conjuntos de pozos diminutos, de unos pocos cientos de nanómetros de profundidad**, a partir de los cuales las hebras de ADN crecen en un proceso enormemente paralelo y sin necesidad de intervención humana. Las versiones futuras de los chips incluirán una segunda capa de controles electrónicos, fabricados en CMOS, que administrarán el proceso químico a medida que cada molécula de ADN individual crece en cada uno de los pozos. A medida que las técnicas de corrección de errores mejoran, también se vuelven "más ligeras", requiriendo que se inserten menos controles en los chips y acelerando aún más su miniaturización.

Existen dispositivos basados en grafeno que pueden capturar la dinámica de la reacción química de una sola molécula de ADN. El dispositivo consta de dos matrices de grafeno que flanquean una sola molécula unida covalentemente a cada matriz a través de conectores amida.



### **Biochips sensores nano-transistores de grafeno en nanotubos de carbono a 25 céntimos**

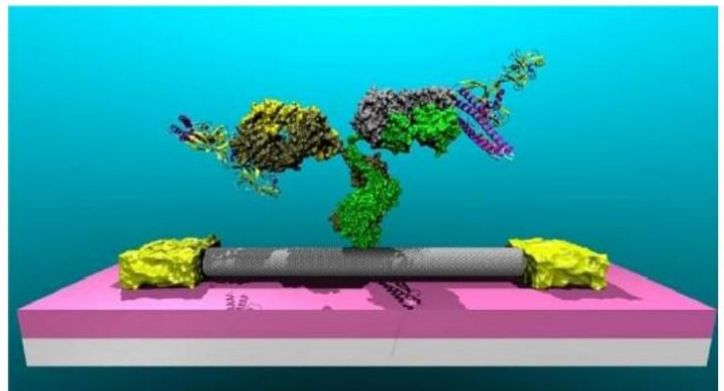
Los transistores son los componentes básicos de los procesadores de computadora y todos los demás circuitos integrados. Pero pueden hacer mucho más que eso: por ejemplo, detectar enfermedades. El nuevo (2013) transistor de nanotubos de carbono es uno de los más prometedores para el futuro de la electrónica para detectar cantidades diminutas de proteínas y otras biomoléculas. **Puede detectar miles de moléculas simultáneamente.**

La mayoría de las pruebas de salud se basan en la identificación de los llamados biomarcadores, moléculas que comienzan a circular en los fluidos corporales -como la sangre, la orina o el sudor- cuando el organismo desarrolla algún tipo de enfermedad. Cuando estas moléculas son proteínas, como suele ser el caso en la búsqueda de biomarcadores, se utiliza un análisis llamado inmunoensayo. Uno de los inmunoensayos más famosos es el *ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas* (el test ELISA).

**Todo puede ser reemplazado por sensores transistores de nanotubos de carbono, que pueden fabricarse a un costo de \$0.25 la unidad.**

### **Biochip de grafeno en nanotubos de carbono capaces de analizar 1000 moléculas a la vez**

Y se fabrican por 25 céntimos.



Los biomarcadores se unen a anticuerpos específicos montados en cada nanotransistor alterando sus características electrónicas

Al probar estos nuevos sensores para detectar biomarcadores, demostraron que son 1000 veces más precisos que una prueba ELISA.

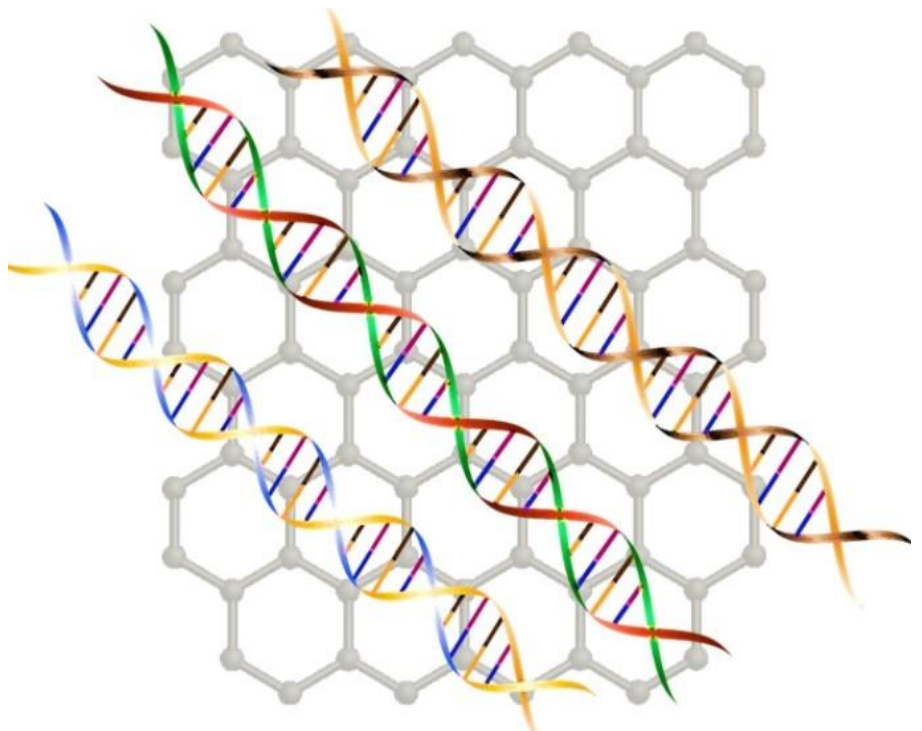
El sistema desarrollado es pionero como método digital rápido y de bajo costo para la detección de mutaciones con una alta resolución, basadas en el cambio de un solo nucleótido dentro de una secuencia de ácidos nucleicos.

El dispositivo es una combinación de nanotecnología de ADN dinámica con un sensor electrónico de alta resolución. El resultado es una tecnología potencialmente utilizable en dispositivos electrónicos inalámbricos. La nueva tecnología (2016) se optimizará y aplicará en el ámbito clínico para la generación de nuevos métodos de diagnósticos y tratamientos personalizados.

### **Biosensor de grafeno y ADN hibridados, para análisis de ADN y ARN con transmisión inalámbrica a smartphone o tablet**

El biosensor desarrollado está basado en grafeno, y es capaz de detectar polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) con una mayor resolución que las tecnologías tradicionales de detección de mutaciones puntuales. Los SNPs son variaciones de la secuencia de ADN que afectan únicamente a una sola base (A, C, G o T). Algunas de estas mutaciones se supone que juegan un papel fundamental en la salud de los organismos. Es por ello, que pueden emplearse como marcadores de múltiples enfermedades, como diabetes, cáncer, problemas del corazón, desórdenes neurodegenerativos, enfermedades autoinmunes o inflamatorias, entre otras.

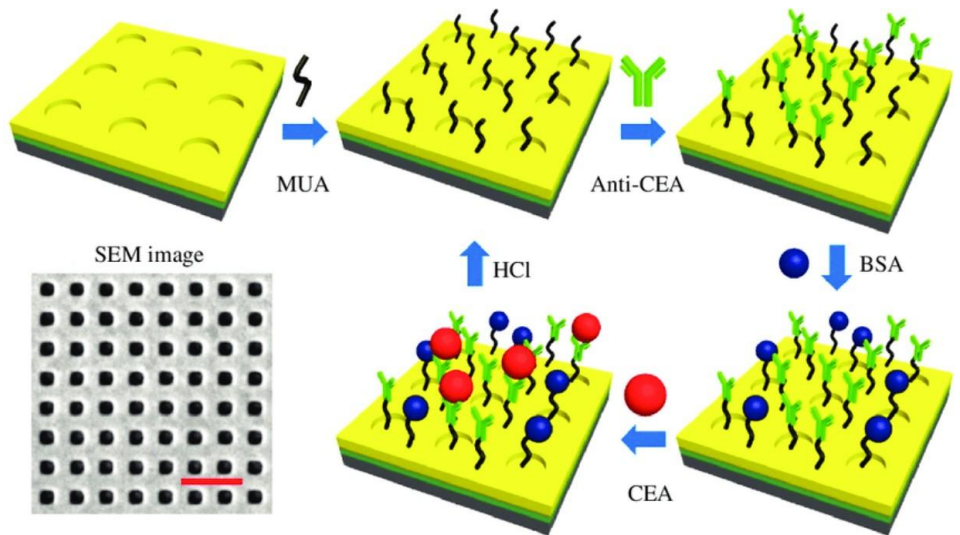
El biochip diseñado es capaz de capturar las moléculas de ADN o ARN que contengan una mutación, mediante la hibridación de dichas moléculas con una sonda incrustada en el grafeno. Dicha sonda consiste en una secuencia de doble cadena de ADN, la cadena normal está unida firmemente al grafeno, mientras que la que tiene las modificaciones no lo está. Cuando la sonda es expuesta a las moléculas de ADN o ARN de una muestra, el fragmento que presenta el SNP, desplaza a la secuencia complementaria de la hebra fijada al grafeno y se une a ella. Esta unión desencadenará una señal eléctrica, que puede ser registrada por un sistema informático para su posterior análisis y procesamiento.



**El sistema ofrece la posibilidad de poder ser implantado en el cuerpo, facilitando la detección del SNP a tiempo real, además de poder transmitir la información de forma inalámbrica a un dispositivo electrónico, como un *smartphone* o una *tablet*.**

## Inmunochip microfluídico plasmónico biosensor para detección tumoral

La detección plasmónica tiene un gran potencial en la detección portátil de marcadores tumorales humanos, y buscan ser desarrollados e introducidos en la sociedad para generar el Internet de las Cosas. Se ha construido una plataforma de inmunochip plasmónico rentable para la detección rápida mediante la combinación de litografía de nanoimpresión blanda, microfluidos, funcionalización

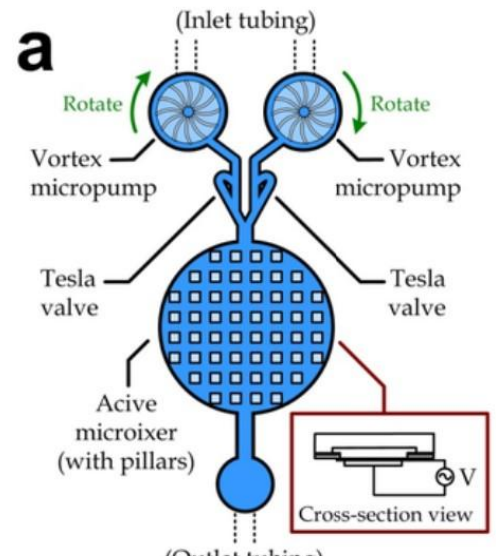


Dibujos esquemáticos de funcionalización, detección y reciclaje para la superficie PNA. La imagen SEM de la superficie de PNA se proporciona en la esquina izquierda, con la barra de escala roja de 1  $\mu\text{m}$ . (El dibujo esquemático no representa los tamaños precisos de los materiales adsorbidos en comparación con las dimensiones de las nanocuevas).

de anticuerpos y espectrometría de fibra móvil. Las pruebas clínicas del biochip microfluídico en la detección de sueros humanos ofrecen grandes ventajas en la detección multicanal simultánea para biosensores de alto rendimiento y multimarcadores. Las moléculas se inmovilizan en las nanocuevas del biosensor plasmónico microfluídico para detectar biomarcadores. La plataforma brinda oportunidades prometedoras en dispositivos y sistemas médicos compactos y de **bajo costo**.

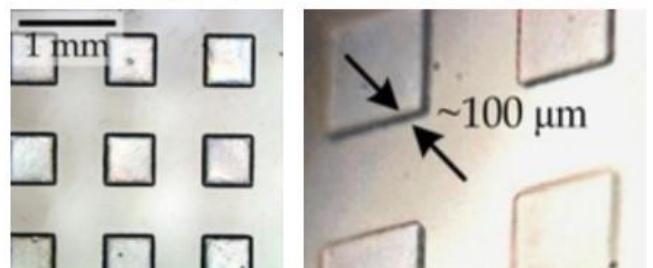
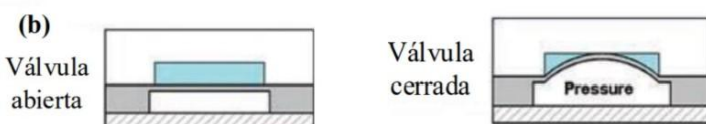
## Matriz o array de módulo de mezcla microfluídica fabricado en polímeros controlable digitalmente para administración de radiofármacos

Sistema en PDMS de microfluidos controlable digitalmente integrado para el suministro continuo de solución con un control de concentración en tiempo real. Este sistema contiene varios módulos de mezcla que funcionan de forma independiente. La superficie interior del sistema está hecha de materiales biocompatibles mediante un proceso de microfabricación de polímeros. La adición de estructuras de micropilares a la cámara de mezcla mejora aún más el rendimiento de la mezcla. También se ha desarrollado un sistema automatizado controlado por computadora para controlar la mezcla de fluidos en tiempo real. La integración de **módulos de microfluidos basados en polímeros controlables digitalmente** es un sistema completamente funcional, que tiene un gran potencial en la automatización de muchos procesos de manejo de biofluidos en aplicaciones biorelacionadas.



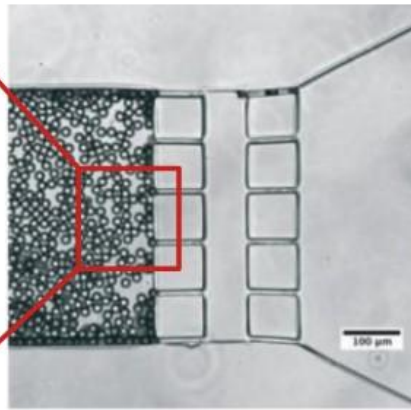
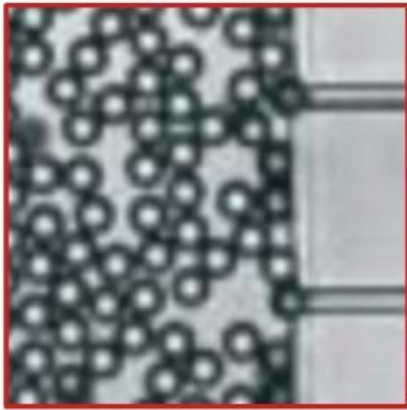
Vista de proyección de micropilares

Vista esquemática lateral del micromezclador y el funcionamiento de las válvulas

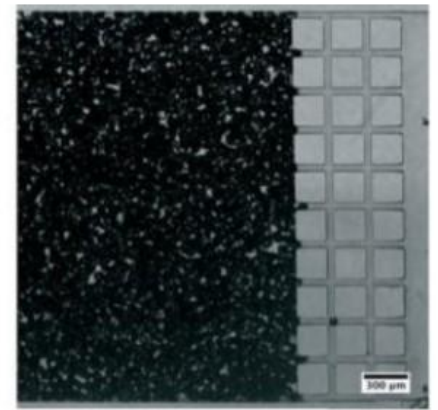


## Biochip microfluídico para administración de radiofármacos y detección biológica

Microburbujas

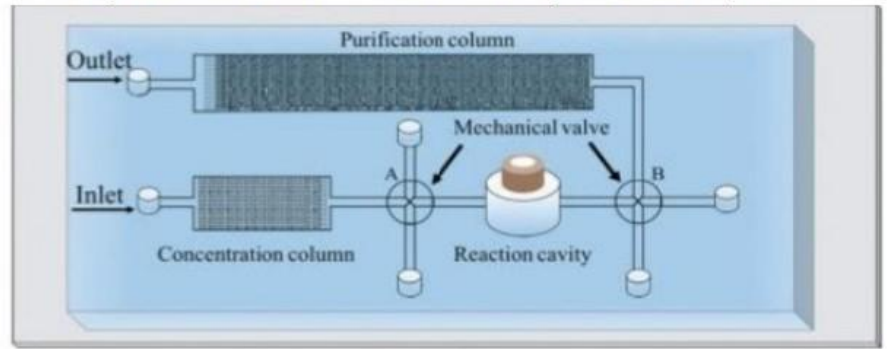


Cartucho de *intercambio iónico*

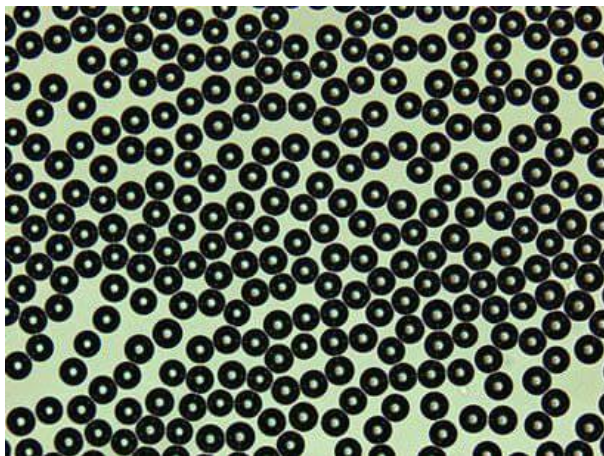


Cartucho de *purificación*

Biochip fabricado en PDMS. Vista esquemática superior.

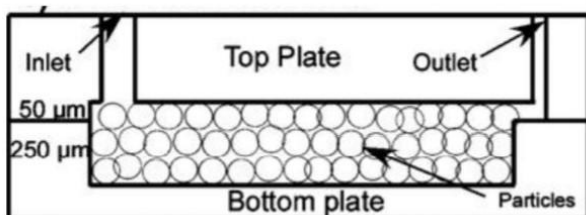


## Microburbujas magnéticas usadas para entrega de ADN / ARN y como ferrofluido circuítico biochip -metal líquido-



Las microburbujas también se están investigando ampliamente para aplicaciones terapéuticas. Pueden usarse como núcleos para aumentar la actividad de cavitación y/o como vehículos para la administración de fármacos / terapia génica mediante la incorporación de material terapéutico que puede liberarse posteriormente. Se han desarrollado microesferas huecas magnéticas utilizando microburbujas.

Vista lateral esquemática de un biochip microfluídico sensor y las nanopartículas ferrofluídicas interiores



Las microburbujas magnéticas son núcleos de gas que se hinchan con polímeros a su alrededor, están recubiertas de fosfolípidos que consisten en un núcleo de gas rodeado por una capa de ferrofluido (suspensión líquida de hidrocarburos de nanopartículas de óxido de hierro[en este caso]). Estas microburbujas fueron utilizadas con éxito para la administración de genes.

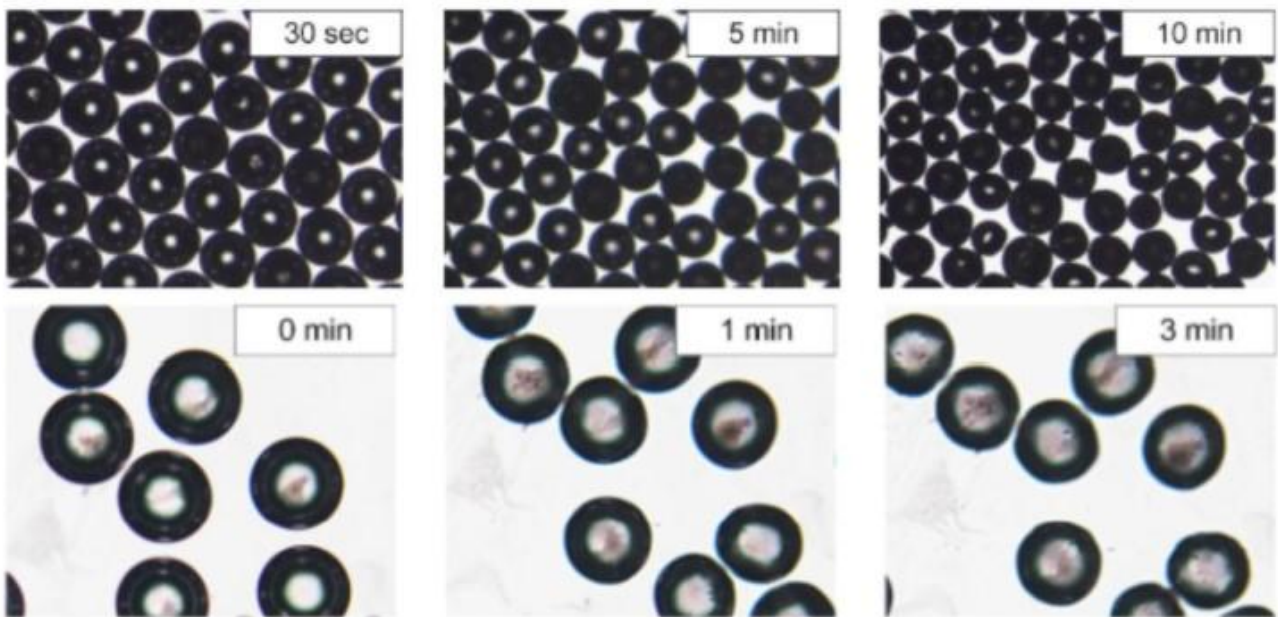
Entre los materiales utilizados para recubrir las capas de las microburbujas están el 1,2-Distearoyl-sn-Glycero-3 y el PoliethyleneGlycole PEG200

También se han publicado estudios sobre lipoesferas magnéticas que permiten la administración de ácido nucleico (ADN y ARN) bajo un campo magnético. Su capacidad tanto para mejorar el contraste del ultrasonido como para administrar moléculas terapéuticas hace que las microburbujas sean excelentes candidatas como agentes teragnósticos.

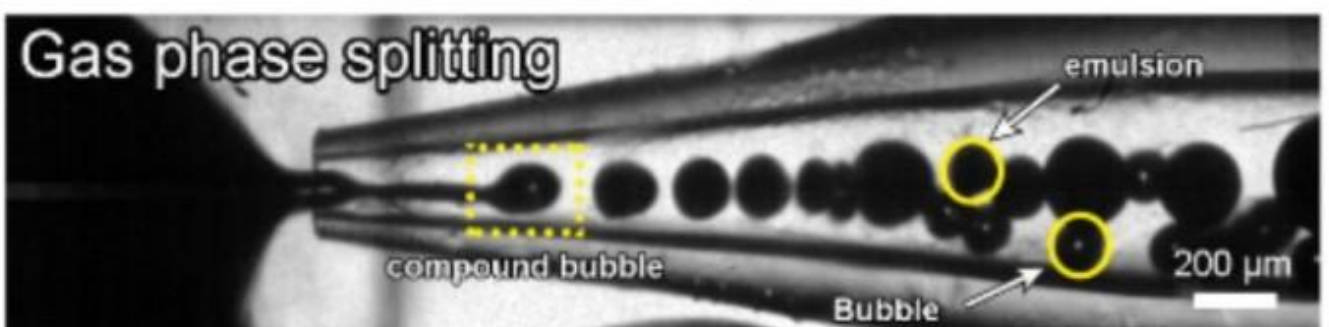
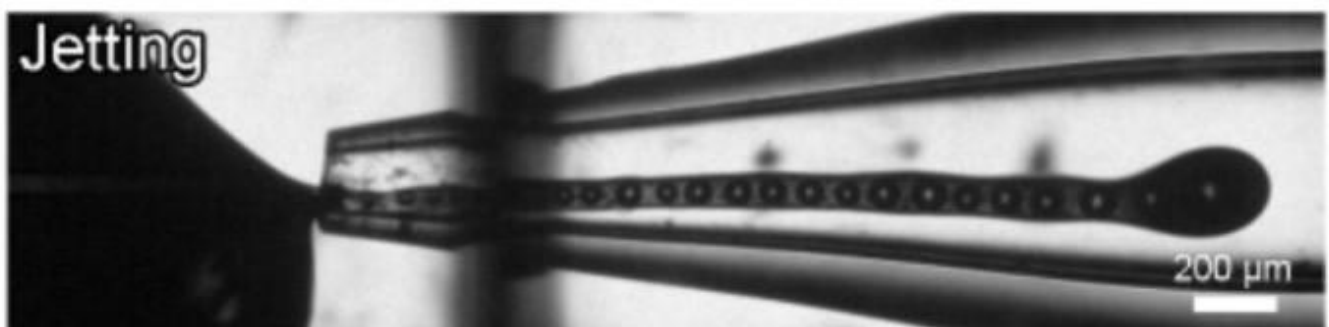
**Su funcionalidad se puede mejorar aún más mediante la incorporación o unión de nanopartículas a la cubierta de microburbujas.**

## 1- Síntesis microfluídica de burbujas con caparazón sólido en red de CNT (grafeno en nanotubos de carbono)

La mágenes que muestran el proceso de compactación de la cáscara de microburbujas compuestas de nano tubos de carbono CNT



## Proceso de generación de microburbujas de grafeno CNT





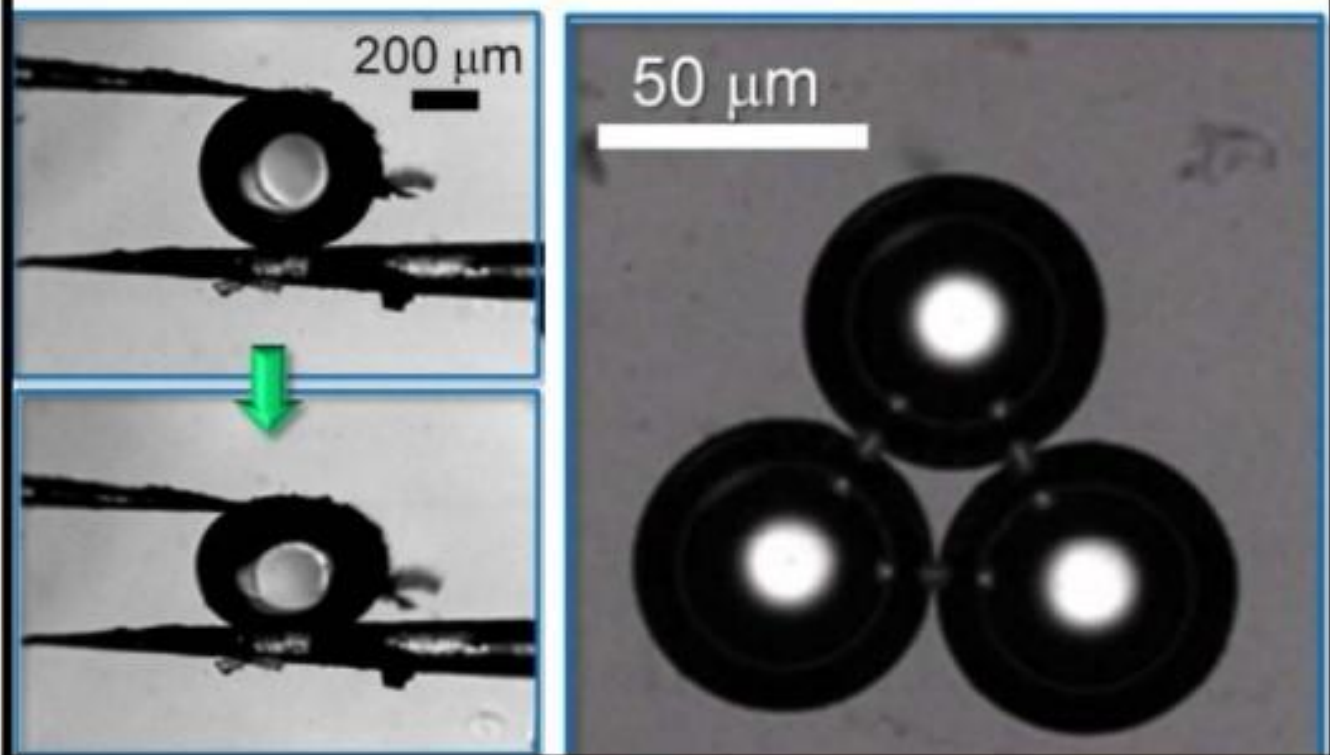
## 2- Ordenación concéntrica/bipolar de nanoláminas de óxido de grafeno cristalino líquido confinadas en gotas esféricas sintetizadas microfluidicamente

Método para dilucidar las características de alineación de los GOs bajo confinamiento utilizando microgotas sintetizadas microfluidicamente de un sistema de doble emulsión agua-en-aceite-en-agua.



## 3- Ajuste del tamaño y la configuración de microcápsulas de nanocarbono: método con pinzas ópticas

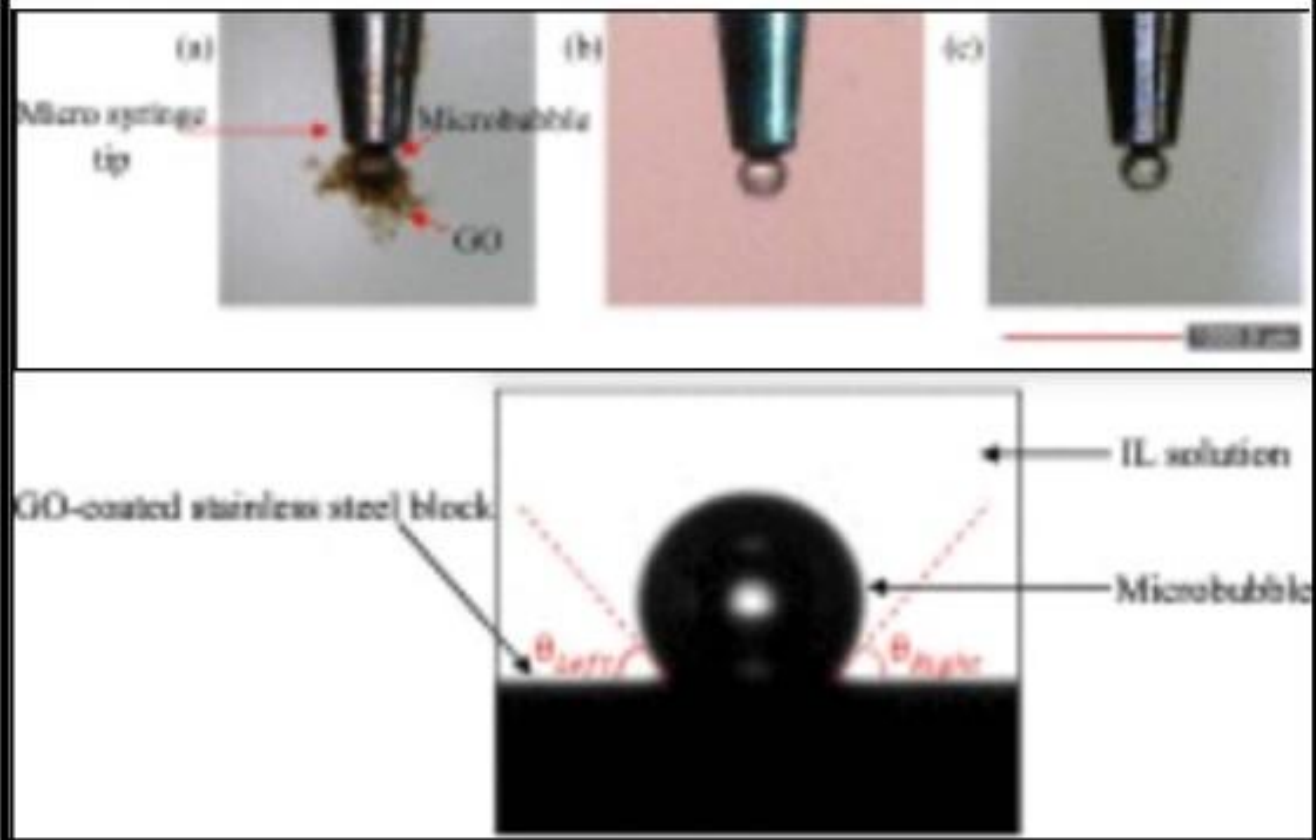
Sistema de pinzas ópticas (OT) capaz de dirigir el ensamblaje tridimensional 3D de grafeno, grafito y nanotubos de carbono en microcápsulas de esferas huecas.



#### 4- Microburbujas recubiertas de óxido de grafeno (GO) en líquido iónico a base de imidazolio

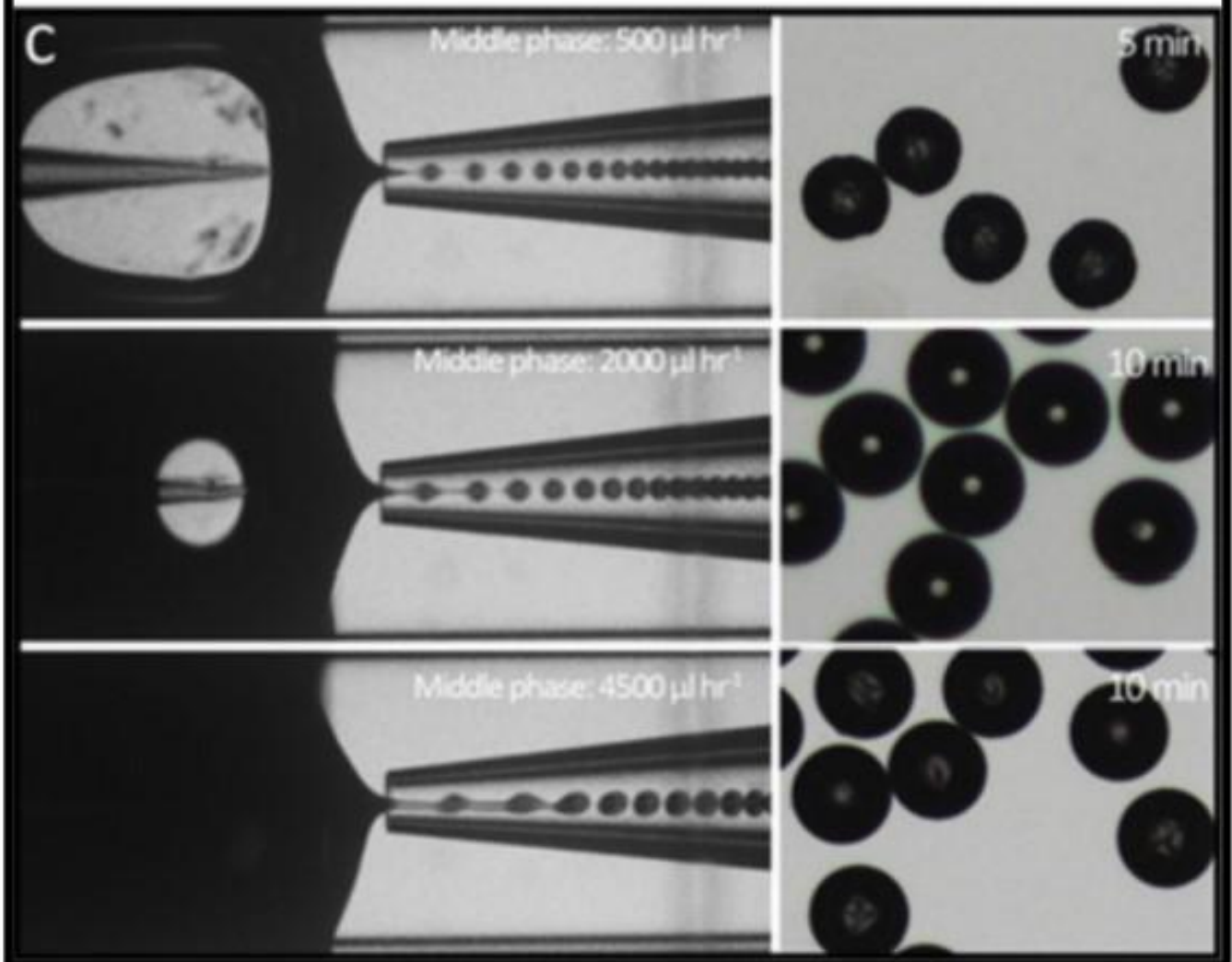
Se presenta la viabilidad de recubrir microburbujas con óxido de grafeno.

Síntesis exitosa de microburbujas recubiertas de GO para diversas aplicaciones.



Las microburbujas pueden transportar ADN, ARN, proteínas, y moléculas diversas por los canales o circuitos de los nano-biochips microfluídicos

## 5- Fabricación y propiedades mecánicas de autoensamblaje de microburbujas de nanocompuestos de grafeno/silice



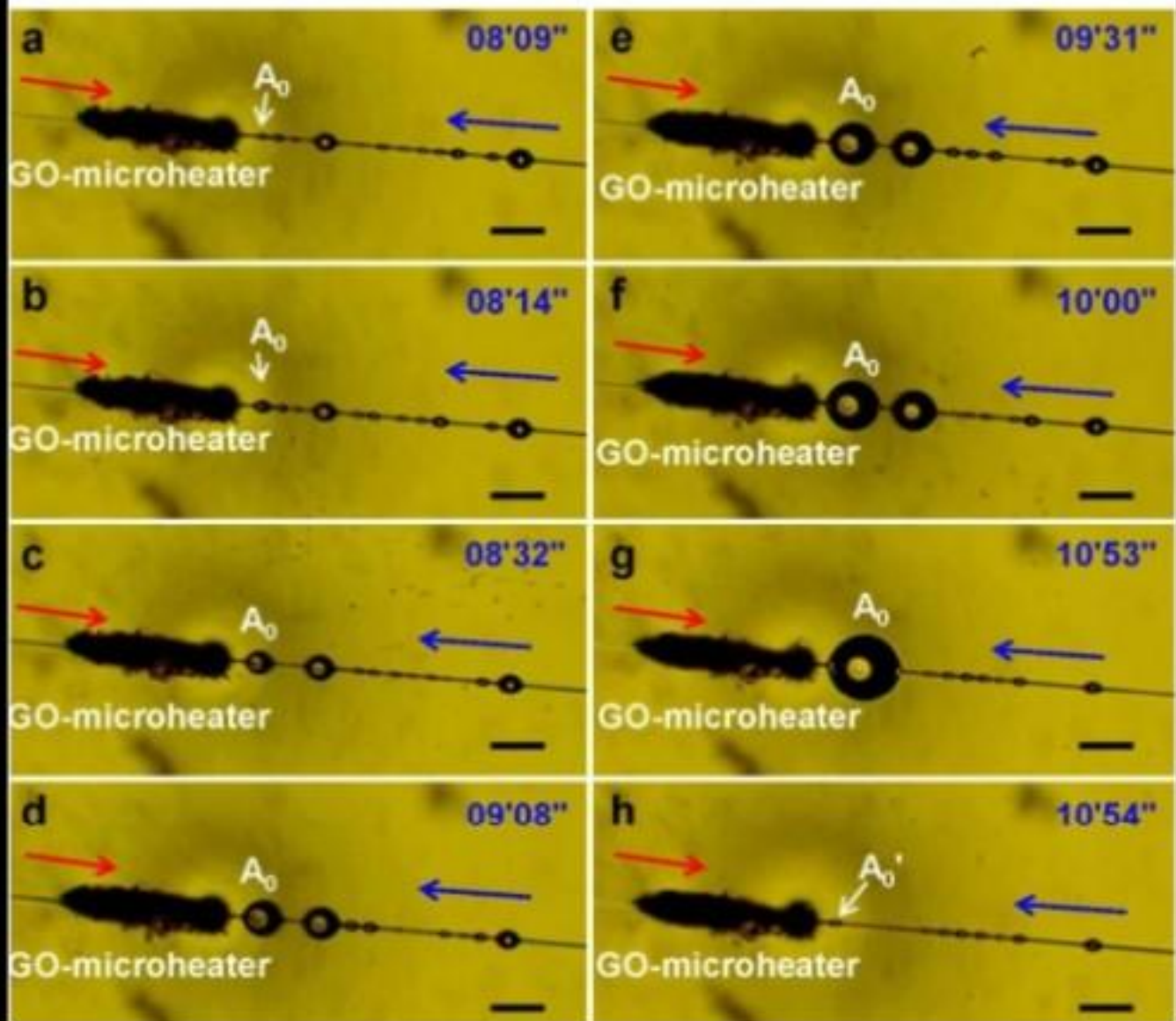
**Las microburbujas de grafeno son utilizadas en biochips microfluídicos médicos**

Microfibra depositada con óxido de grafeno: un nuevo dispositivo fototérmico para varias generaciones de microburbujas. Se utiliza el efecto fototérmico de las nanohojas de óxido de grafeno (GON) para producir eficazmente varias microburbujas en un sistema de microfibras ópticas en la banda de comunicaciones ópticas infrarrojas. Las últimas dos décadas han sido testigos de la creciente popularidad de las microburbujas en una amplia variedad de aplicaciones como:

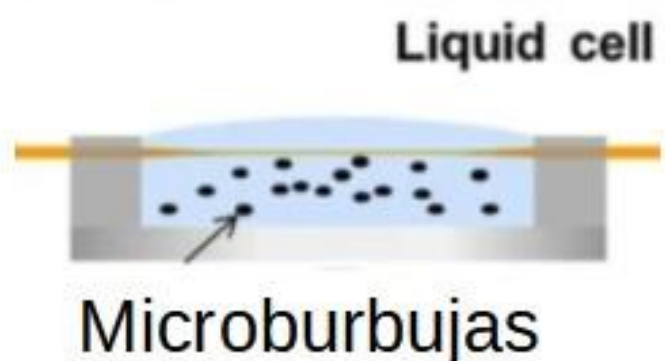
- Imágenes médica
- Análisis biomédicos
- Administración de fármacos (ARN, ADN, Proteínas, etc.)
- Operaciones de microfluidos:
- Interruptor
- Lógica
- Micromezclador
- Transporte
- Aplicaciones en detección
- Biosensor
- Microfluidos
- **Y otras técnicas de biochip**

## 6- Generación de microburbujas de óxido de grafeno

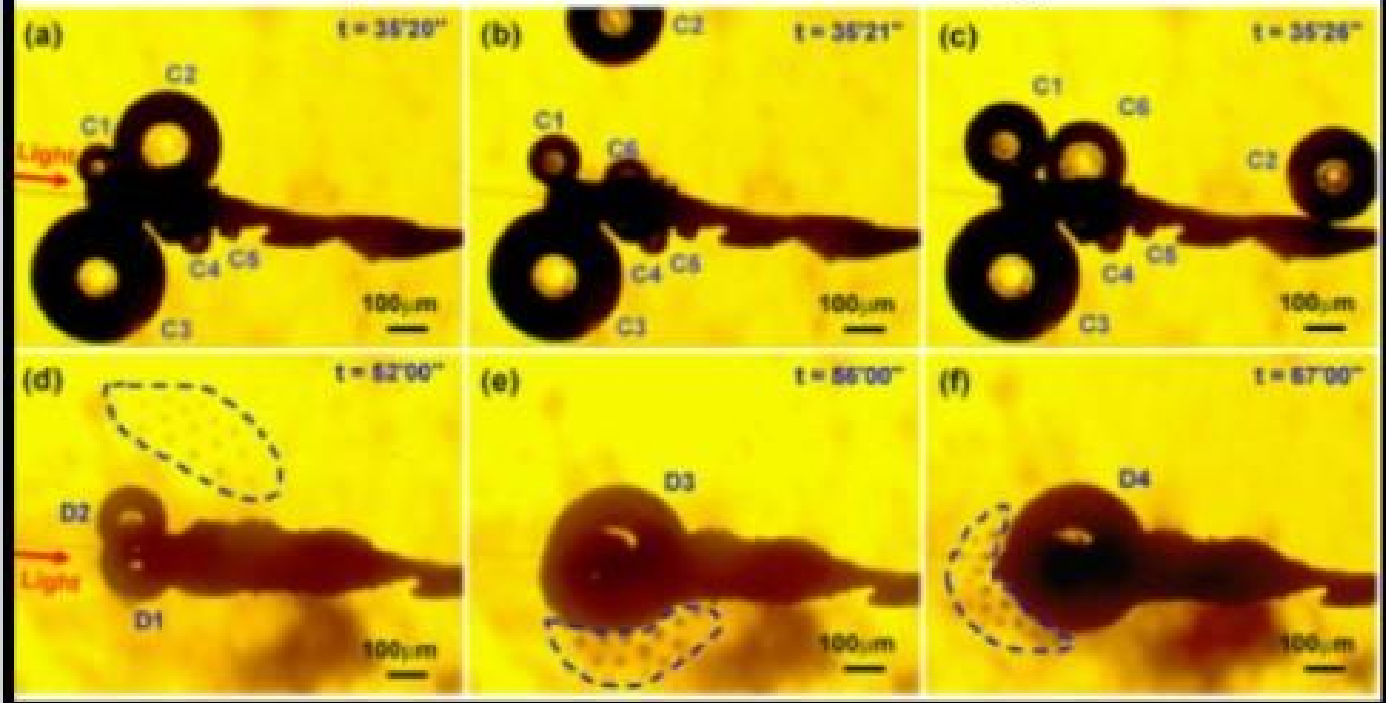
Comportamientos dinámicos de microburbujas elipsoidales generadas fototérmicamente con óxido de grafeno



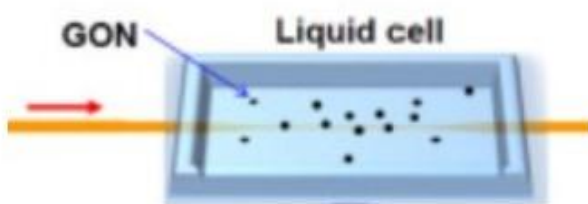
Dispositivo de uso.  
Forma lateral  
esquemática de  
“muro de castillo”



# 7- Microburbujas recubiertas de nanohojas de óxido de grafeno

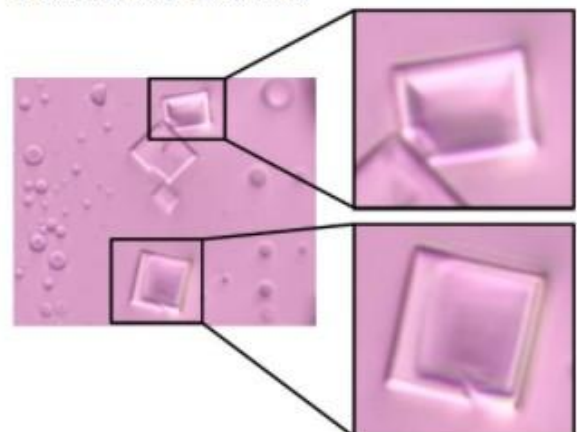


Dispositivo de uso. Forma lateral esquemática de “muro de castillo”

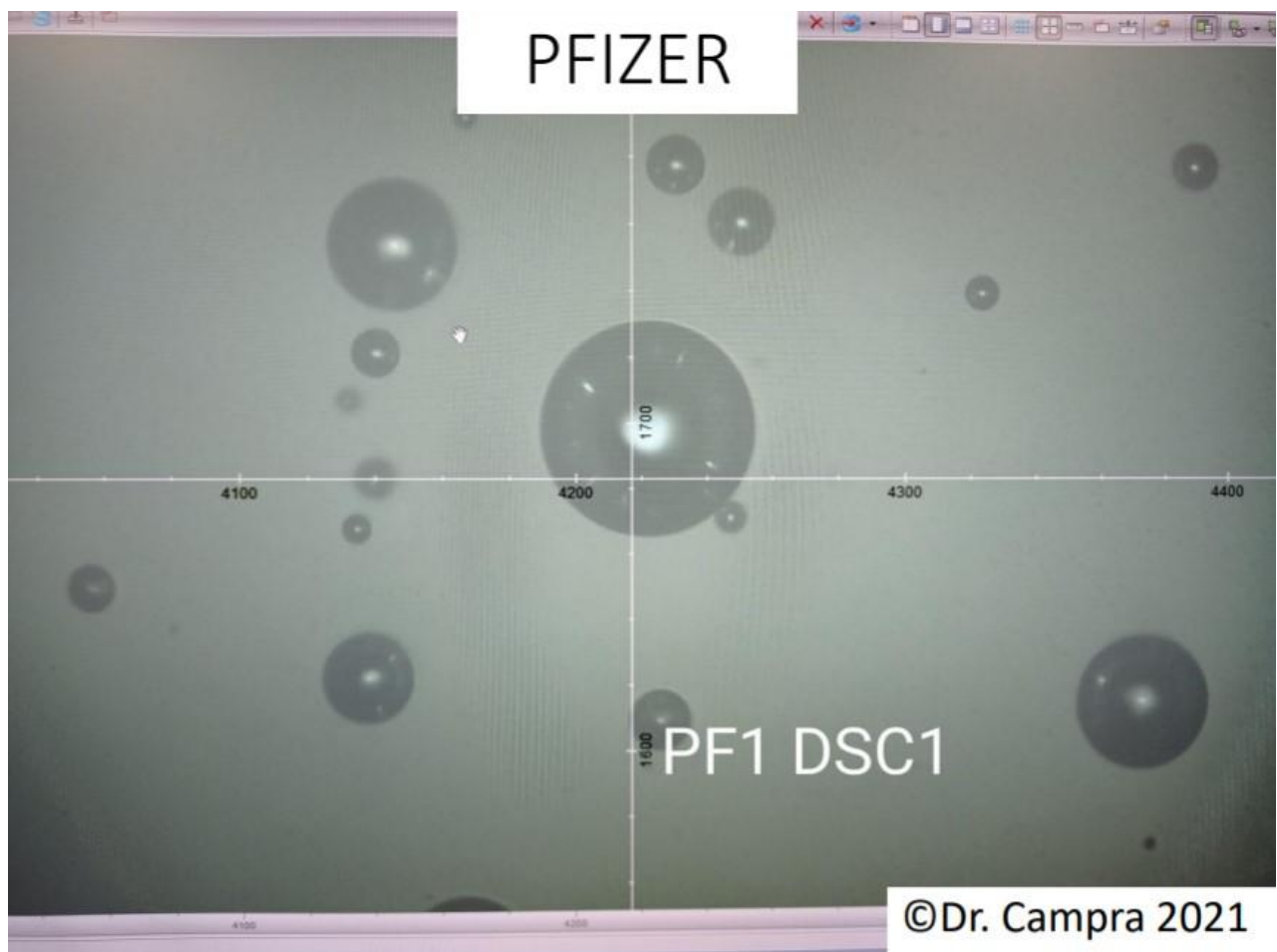
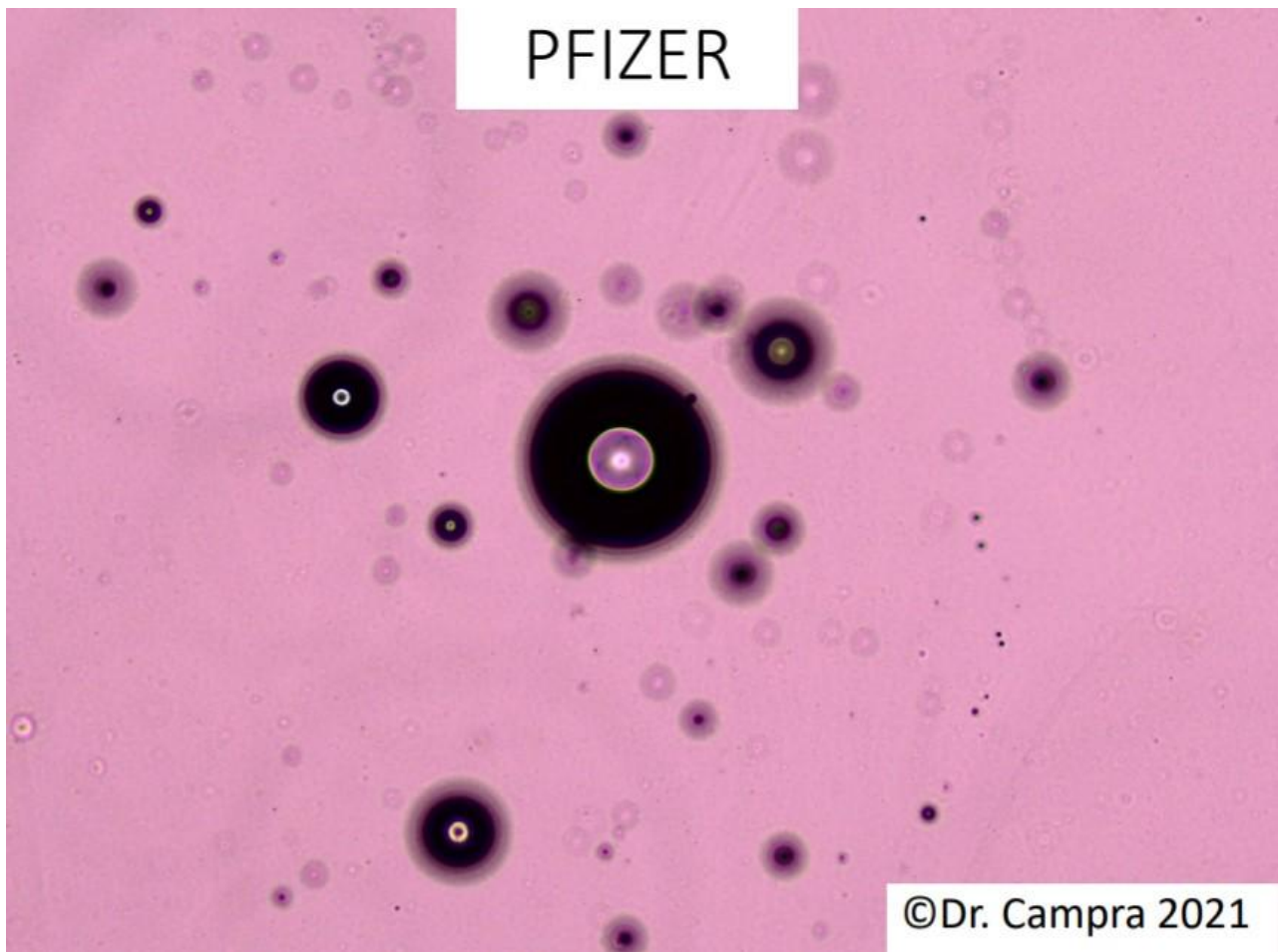


Estructura rectangular con marco. Hendidura interior.

Vacuna Covid



**Microburbujas fotografiadas junto a los cristales cuadraticulares hallados en vacunas Covid**



## Arquitectura de ensamblaje de grafeno tridimensional sintonizable mediante difusión controlada de solución acuosa desde una microgota

Las láminas de grafeno bidimensionales (2D) muestran propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas superiores. Los conjuntos tridimensionales (3D) de grafeno también han recibido recientemente una gran atención. Se ha sintetizado una variedad de conjuntos de grafeno en 3D que incluyen esferas, torbellinos y hemisferios **utilizando reactores de microgotas**.

Dichas estructuras 3D de óxido de grafeno reducido (rGO) pueden manipularse controlando el patrón de agregación de la nanohoja de GO dentro de las microgotas. **El patrón de agregación depende de la velocidad de difusión de la solución acuosa en la gota.**

Las estructuras microporosas se fabrican incorporando perlas de sílice en las micropartículas de rGO, seguido de un proceso de grabado húmedo.

Se ha demostrado una gran variedad de arquitecturas 3D rGO controlando la velocidad de difusión de la solución acuosa en los reactores de microgotas. El patrón de ensamblaje GO se determinó manipulando el grado del flujo interno en las gotitas, de modo que se pudiera obtener la rGO de la esfera. El tamaño y el grosor del rGO se ajustaron por la concentración de GO y el pH en las gotas. Además, sus compuestos con las cuentas de sílice se pueden preparar con una distribución interna controlable y, a través del proceso de grabado húmedo, se fabricó el 3D rGO poroso.

Es notable que la estructura rGO hemisférica porosa muestra el plasmón de superficie local, así como el plasmón en masa que puede ser útil en campos como convertidor fototérmico y almacenamiento de energía.

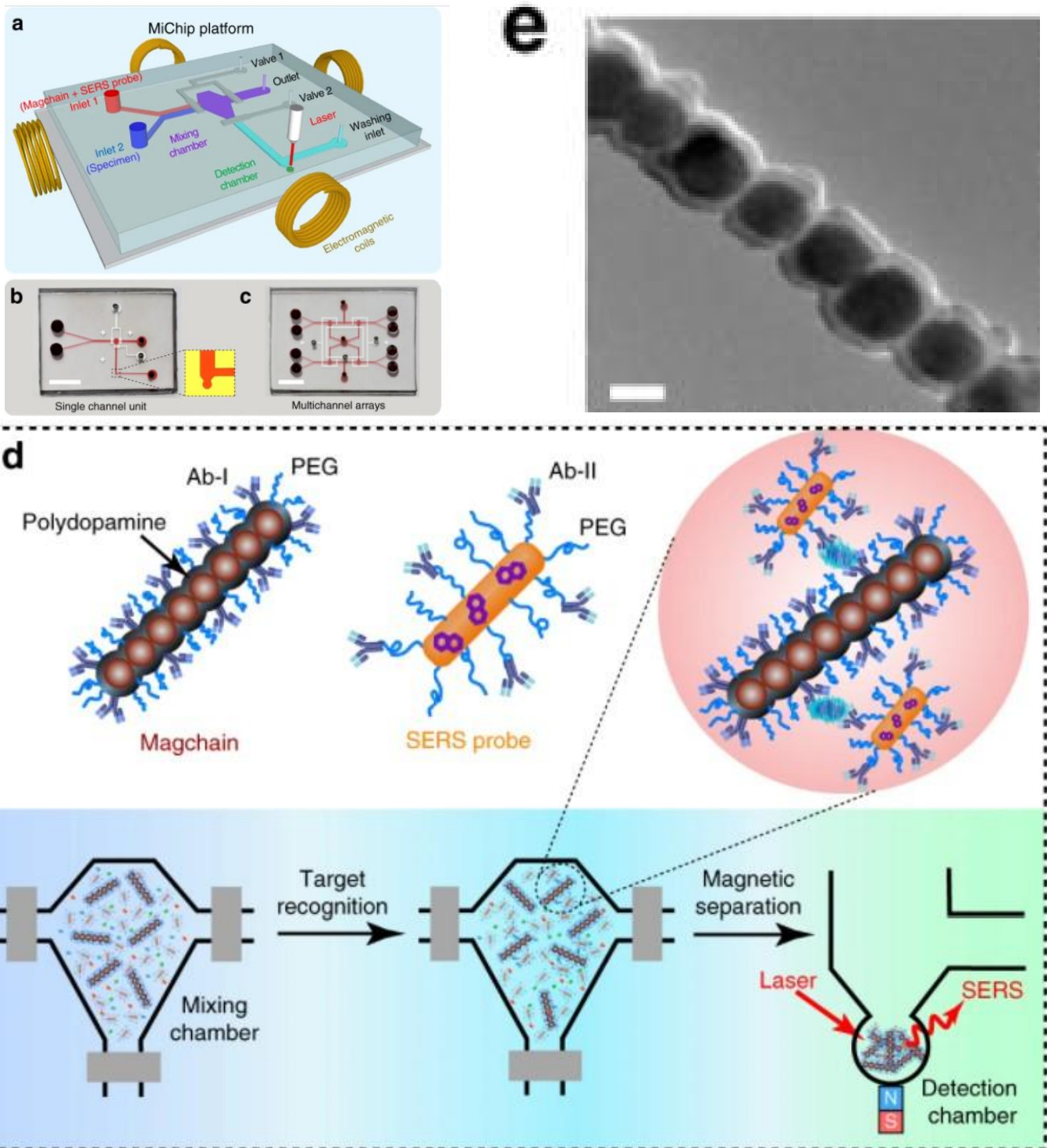
### Montaje impulsado por difusión de óxidos de grafeno en microgota



Estructuras de óxido de grafeno autoensamblándose a través del control de difusión de la solución acuosa en microgota.

# Biochip microfluídico polimérico de PDMS de nanocadenas magnéticas

Diseño del chip microfluídico integrado de nanocadena magnética (MiChip)



a) Ilustración esquemática de la plataforma de ensayo MiChip.

b y c) Fotografías del MiChip: b) unidad de un solo canal y c) arreglos multicanal.. [El microcanal se rellenó con un tinte rojo para una mejor visualización]. Barra de escala: 0,5 cm.

d) El ensayo MiChip para la detección de biomarcadores. En la muestra, las nanocadenas magnéticas conjugadas con anticuerpos (Magchain) y las sondas codificadas por SERS (sonda SERS) se mezclan en la cámara de mezcla. Los objetivos de interés en la muestra son reconocidos por los anticuerpos en las sondas Magchains y SERS para formar inmunocomplejos tipo sándwich. A continuación, los inmunocomplejos se aíslan en la cámara de detección.

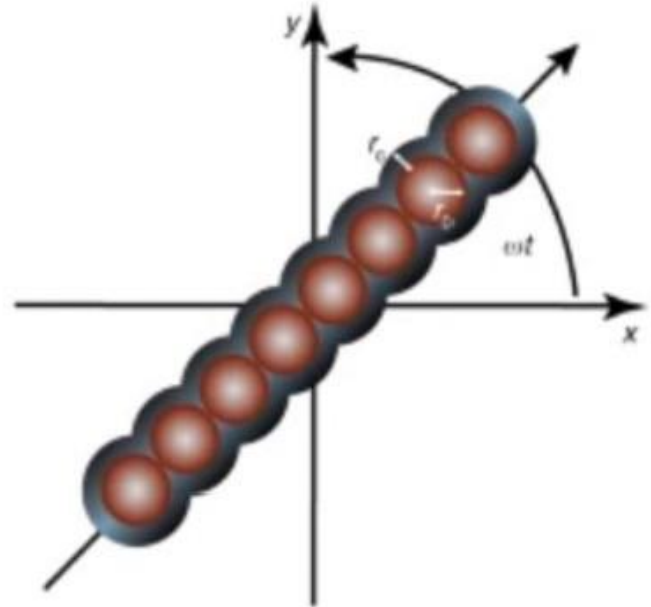
e) Imagen SEM de las nanocadenas magnéticas. Barra de escala: 20  $\mu$ m.



El uso de nanocadenas magnéticas permite un diseño plano simple del microchip MiChip que consta de canales planos.

El sistemas microfluídico ofrece un control preciso de los fluidos, un bajo consumo de muestras y reactivos y un procesamiento rápido de las muestras. Esto es considerado de gran interés para el desarrollo de plataformas analíticas miniaturizadas, portátiles y de bajo costo.

El dispositivo se define como un biochip microfluídico de multiplexación ampliamente aplicable basado en nanocadenas magnéticas bioconjugadas (Magchains).



Nanocadena magnética y ángulo de campo magnético externo giratorio

**Las nanocadenas bioconjugadas autoensambladas se activan mediante campos magnéticos.**

La unidad básica de la plataforma MiChip es de polidimetilsiloxano (PDMS). El sistema de microfluidos se fabricó apilando dos capas de PDMS estampadas en un portaobjetos de vidrio. La capa inferior de PDMS contiene los canales de fluidos, mientras que la capa superior alberga los canales de control neumático. Los patrones de molde sobresalientes para estos canales (50 μm de espesor) se fabricaron mediante fotolitografía convencional en obleas de silicio.

MiChip se puede adoptar ampliamente para una amplia gama de objetivos. Los biochips de microfluidos tienen un gran potencial para el análisis de líquidos en la investigación biomédica. Sirven para un amplio espectro de aplicaciones que van desde la biología fundamental hasta el diagnóstico clínico avanzado.

**Para crear las nanocadenas magnética Magchains de MiChip, se utilizan nanopartículas ferrosas Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Y también se utilizan nanopartículas lipídicas PEGilizantes, como el PolietilenGlicol (PEG).**

\* Las nanopartículas ferrosas de FE<sub>3</sub>O<sub>4</sub> se usan para hibridarlas con óxido de grafeno reducido, y se utiliza la mezcla para la fabricación de productos médicos, como medicamentos y vacunas.

**Nota:** Tenga cuidado y compruebe con el suministrador si se trata de un producto de protección contra virus y si el coronavirus (COVID-19) afectará a su pedido.

500 Miligramos **215,00 US\$**

Enviar a Spain por Seller's Shipping Me... **55,00 US\$**

Tiempo de procesamiento 5 días

Tiempo de envío 4-9 días

**Total 270,00 US\$**

Iniciar pedido

Contactar Proveedor

Llámanos

Añadir al carro de compras

Grado de investigación Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, polvo de óxido de grafeno reducido magnético modificado, precio de polvo RGO

**0,43 US\$ / Miligramo**  
500 Miligramos (1 mucho)  
(Pedido mínimo)

\* El PEG (Polietilenglicol) es utilizado para funcionalizar el grafeno en las entregas de fármacos (ARNm) a las células (terapias génicas, como las vacunas Covid). Y es utilizado, al menos, desde 2012, cuando se aprobó la solicitud de patente pedida en 2005 y 2006 que describe cómo transportar ARNm a las células en una base acuosa con grafeno, Polietilenglicol, y 1,2-distearoyl-sn-glicero-3.

**Estos 2 elementos, Polietilenglicol y 1,2-distearoyl-sn-glicero3, los podemos encontrar en:**

- Una patente utilizados para funcionalizar el grafeno con el ARNm y ser transportado a las células (**terapia génica**)
- Un estudio sobre cómo fabricar microburbujas de polímeros recubiertas de ferrofluidos magnéticos para transportar ARNm a las células (**terapia génica**)
- En la lista de ingredientes de las vacunas Covid basadas en ARNm (**terapia génica**)

**Patente:**

Como funcionalizar grafeno en forma de nanotubos de carbono de pared simple (SWNT) con ARN y proteínas para ser transportadas a las células.

Polímeros utilizados para la funcionalización:

- **1,2-distearoyl-sn-glycero-3**
- **Polietilenglicol PEG2000**

**Estudio:**

Como elaborar microburbujas de polímeros y ferrofluidos para transportar ARN y proteínas a las células.

Polímeros utilizados para la funcionalización:

- **1,2-distearoyl-sn-glycero-3**
- **Polietilenglicol PEG2000**

**Lista de ingredientes:**

Lista de ingredientes dada por el CDC de la vacuna de Pfizer que lleva ARN y proteínas a las células.

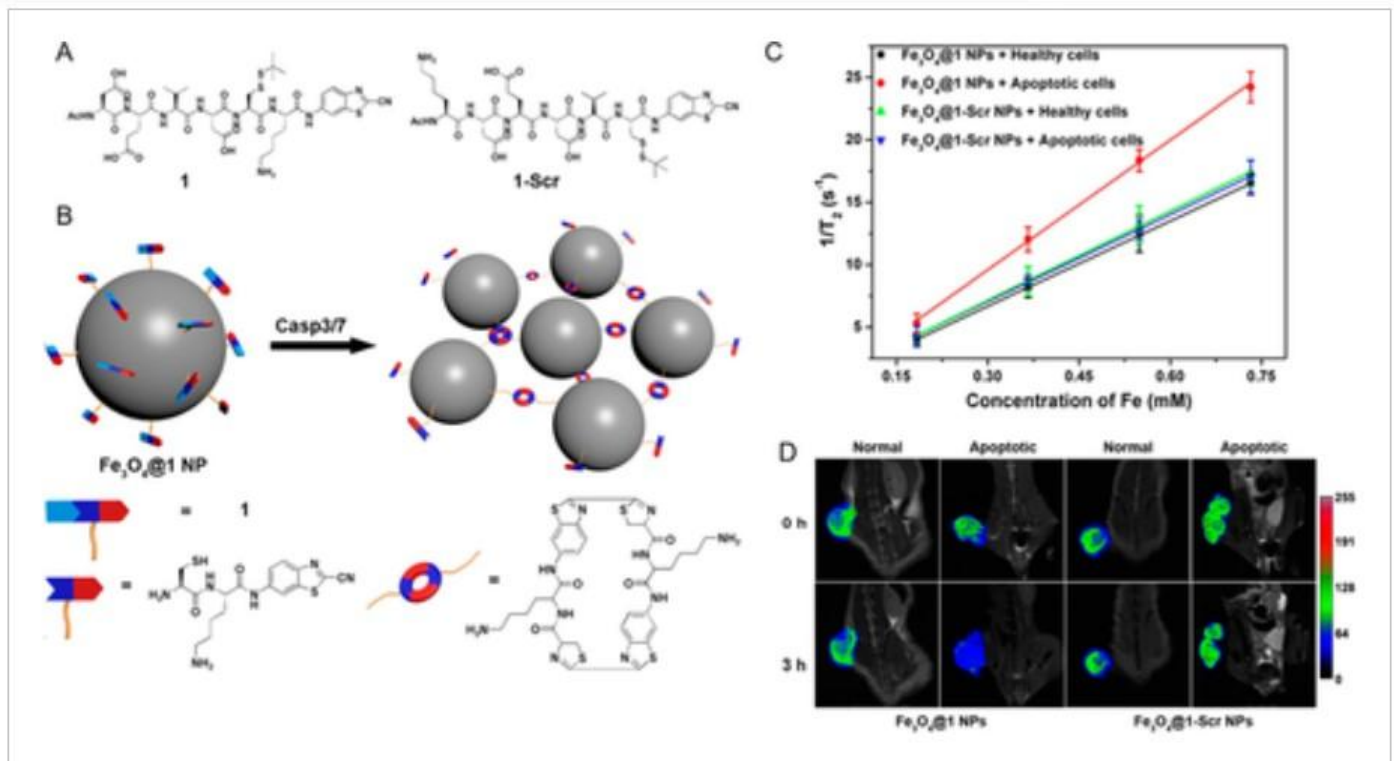
Polímeros utilizados para la funcionalización:

- **1,2-distearoyl-sn-glycero-3**
- **Polietilenglicol PEG2000**

COVID-19	
Tipo de ingrediente	Ingrediente
Ácido ribonucleico mensajero (ARNm)	• ARNm modificado con nucleósidos que codifica la glicoproteína de pico viral (S) del SARS-CoV-2
Lípidos (grasas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2{[polietilenglicol (PEG)]-2000}N,N-ditetradecilacetamida</li> <li>• 1,2-distearoyl-sn-glycero-3-phosphocholine</li> </ul>

## Autoensamblaje intracelular de nanoesferas magnéticas

Ensamblaje intracelular de nanoesferas magnéticas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  -que puede estar hibridado con óxido de grafeno reducido- funcionalizado con Polietilenglicol y otras nanopartículas lipídicas PEGilizantes. Usado para tratamientos génicos de entrega de fármacos a las células, y generación de apoptosis (muerte celular).



El organismo muestra gran resistencia a los medicamentos de los productos farmacéuticos convencionales [puesto que el organismo detecta los fármacos y medicamentos de la industria farmaceutística como elementos invasivos nocivos] la expansión de la nanotecnología ha proporcionado nuevas vías para la terapéutica en los tratamientos génicos de entrega de fármacos.

Gracias a su tamaño controlable, morfología y propiedades fisicoquímicas, los nanoagentes farmacéuticos han demostrado un gran potencial para resolver problemas de cáncer (terapias génicas) relacionados con la atención médica.

Los nanomateriales pueden prepararse utilizando muchos tipos de materiales, incluidos liposomas, polímeros, biomacromoléculas y muchos otros nanomateriales inorgánicos.

El desarrollo de muchos nanosistemas avanzados en biomedicina se han inspirado en estas interesantes propiedades.

Las nanoplataformas con estas nanoestructuras fabricadas por estrategias autoensambladas han demostrado amplias ventajas durante los estudios de laboratorio y preclínicos para la terapéutica de los tratamientos génicos.

La característica más significativa del proceso de autoensamblaje se basa en la tendencia de minimización de energía del estado desordenado al estado ordenado.

**Hay muchos ejemplos de nanomateriales autoensamblados de acuerdo con esta clasificación, incluyendo ADN, proteínas, vesículas lipídicas y nanocristales de superred.**

El proceso de autoensamblaje puede realizarse mediante campos magnéticos externos. Los nanomateriales magnéticos (MNM) para aplicaciones biomédicas construidas por nanotecnología de autoensamblaje pueden utilizar de manera integral las propiedades inherentes de cada unidad de ensamblaje básica.

### **Autoensamblaje inducido por campos magnéticos**

El campo magnético es un medio importante para estudiar las propiedades magnéticas de los materiales. El campo magnético se ha desarrollado como una nueva condición para la síntesis y el autoensamblaje de nanomateriales.

Los campos magnéticos se han utilizado ampliamente para nanomateriales ensamblados de agregados unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D).

### **Autoensamblaje basado en nanopartículas magnéticas (MNPs)**

El autoensamblaje basado en MNPs es un tipo de autoensamblaje de partículas duras.[28, 40, 41] La predicción de las superredes autoensambladas se puede obtener comparando las estabildades relativas de las estructuras candidatas. El modelo de partículas duras es muy adecuado para este estudio para proporcionar un buen método de aproximación para describir nanocristales con gran repulsión o atracción débil en una distancia corta.

Se han reportado enfoques para ensamblar MNPs en nanoesferas 3D mediante síntesis de fase orgánica.

También se han reportado estudios con 10 tipos de superredes binarias de nanocristales con orden 2D y 3D a través del control del tamaño del núcleo de las nanoesferas y el peso molecular.

**Estos resultados proporcionaron nuevas oportunidades para crear materiales inorgánico-orgánicos mecánicamente robustos con interfaces y microestructuras a nanoescala controlables.**

### **Autoensamblaje de ADN y nanopartículas magnéticas (MNPs)**

El ADN se considera como una molécula biológica genética central en los sistemas vivos. Aunque las moléculas de ADN están compuestas por unidades simples, se pueden lograr diferentes cadenas de desoxinucleótidos y conformaciones flexibles a través de un diseño y organización precisos, que se pueden programar.

Se han utilizado MNPs modificados con ADN para construir hidrogeles de ADN magnéticos controlables.

### **Autoensamblaje basado en interruptores moleculares**

Los interruptores moleculares son otra familia importante de ligandos no convencionales para guiar el autoensamblaje de nanocristales. Los interruptores moleculares pueden realizar el control remoto reversible del comportamiento de agregación de nanocristales.

**Este proceso puede formar superredes poliédricas regulares.**

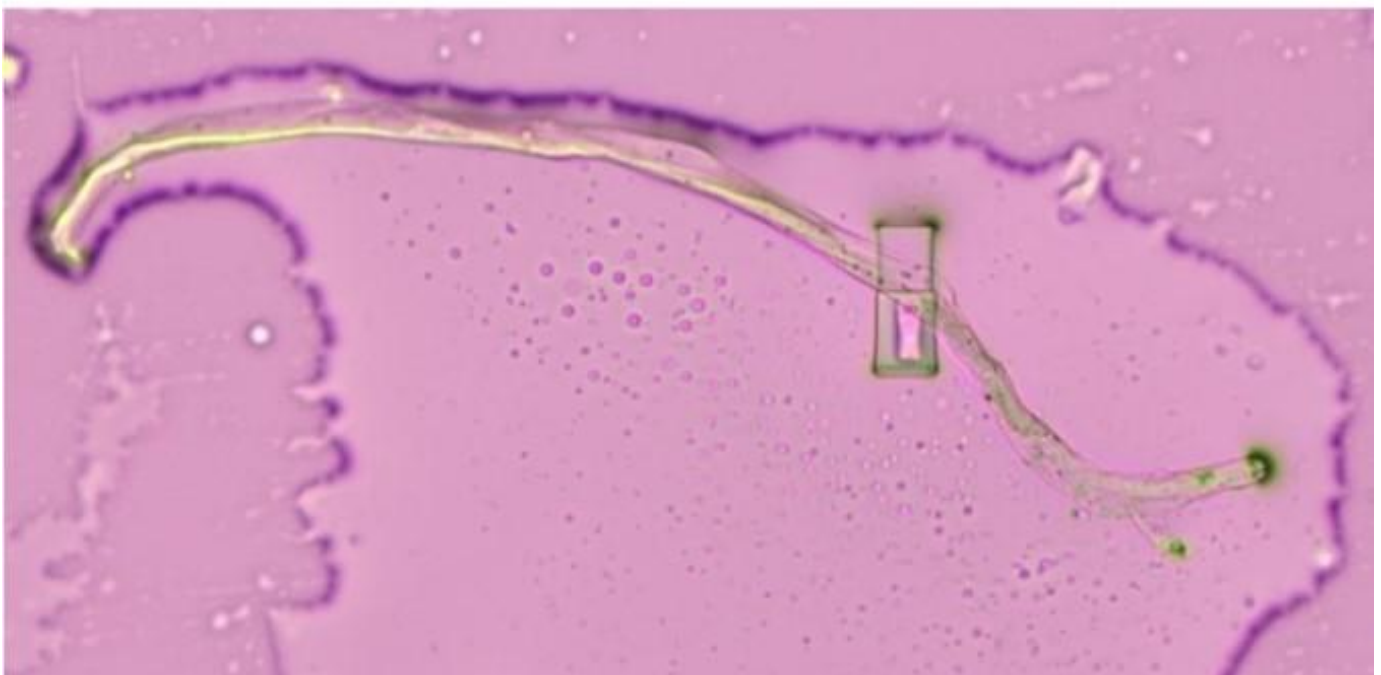
Cuando se modifican ciertos interruptores moleculares se pueden unir al grupo de unión en la superficie de la nanocristalina, su unión a la superficie de la nanocristalina puede desencadenar el autoensamblaje y la recristalización de la nanocristalina de forma remota.

## Imagen de cinturón 1D de pliegue en hélice

Cinturón de nanopartículas autoensambladas a través de un campo magnético



## Cinturón plano 1D de pliegue en hélice hallado en vacuna Covid

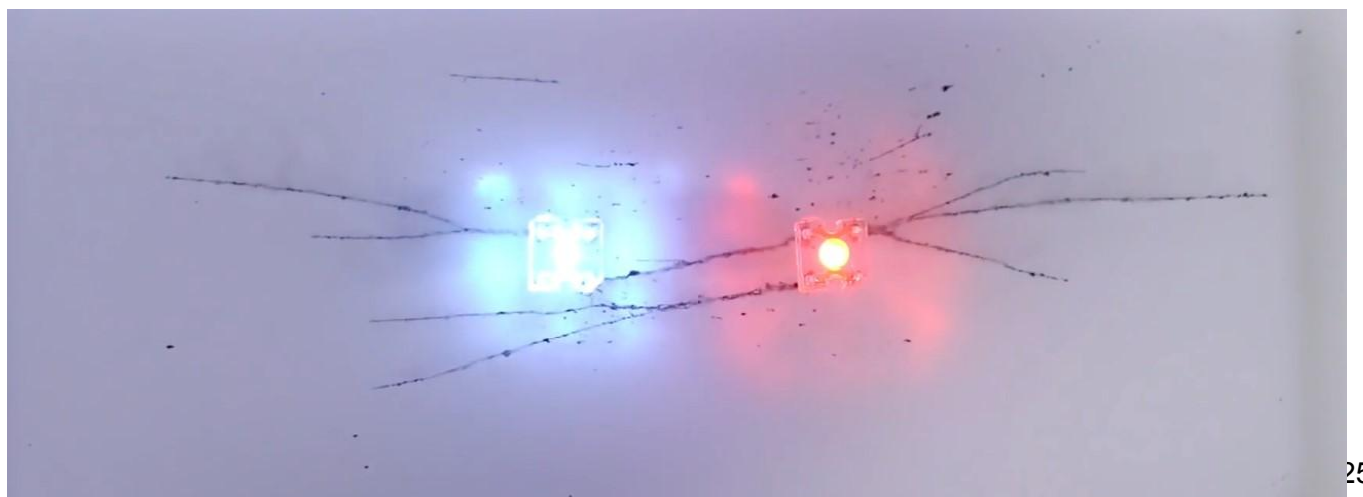
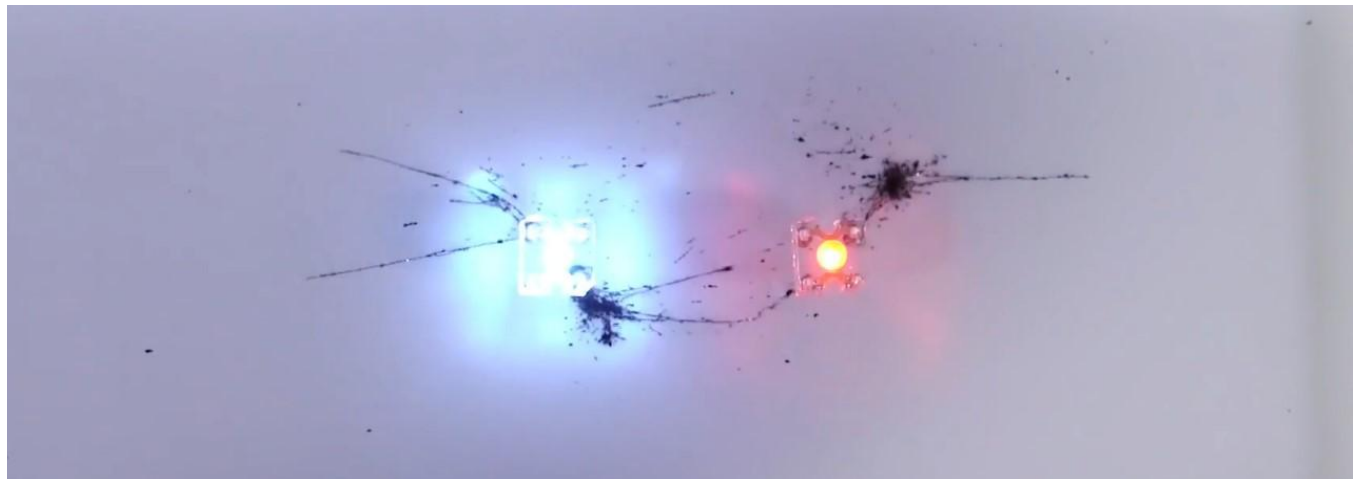


## Teslaforesis para crear biocircuitos autoensamblados de CNT

Algo que ha sido -en palabras de los autores- “*realizado en silencio, y recién ha sido lanzado al mundo*”, es un nuevo sistema basado en Teslaforesis, A través de este sistema, se puede producir el autoensamblaje de nanomateriales, y descubrieron que **los nanotubos de carbono podían generar redes enhebrando juntos y formando “alambres”, funcionalizando el grafeno también se pueden formar biocircuitos híbridos poliméricos ferrofluidicos orgánico-inorgánicos.**

Los autores también dicen: “Estamos hablando de crear circuitos a distancia, sin tocarlos”. Este sistema abre las puertas a un nuevo paradigma en nanotecnología, biomedicina e ingeniería biomédica.

**Autoensamblaje de redes de circuitos de nanotubos de carbono a través de la emisión inalámbrica de campos eléctricos y magnéticos. (Obsérvese la forma de los cristales cuadradales translúcidos con punto central y "4 puntos tipo dados"). [Fotogramas cronológicos].**



## Proteínas sintéticas como autoensambladores programables híbridos

Se pueden utilizar ciertas proteínas sintéticas para actuar como ensambladores programables de materiales 2D, como el óxido de grafeno, para formar materiales híbridos.

Para hacer estos compuestos moleculares se utiliza tecnología de solventes combinando las láminas de óxido de grafeno con polímeros sintéticos modelados a partir de proteínas.

Un extremo de la hebra de proteína se une al borde de una lámina de óxido de grafeno y el otro extremo se une al borde de otra lámina de dióxido de grafeno. Las láminas de óxido de grafeno se autoensamblan para apilarse con proteínas que unen los bordes de las hojas. La longitud de estas proteínas de repetición en tándem, y su peso molecular, determina la distancia entre las láminas. Se pueden apilar capas compuestas de 1 nanómetro con precisión atomista, con una resolución de 0,4, 0,6 o 0,9 nanómetros eligiendo el peso molecular correcto de la misma proteína.

Se ha probado la capacidad de este material para fabricar pequeños dispositivos.

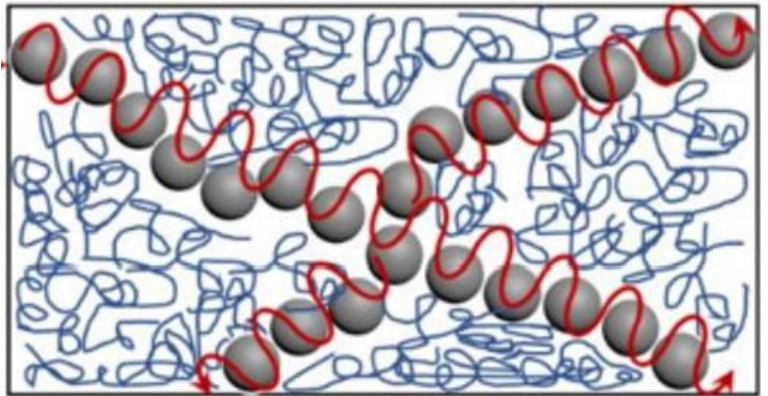
## Compuestos de polímeros térmicos y grafeno en red interconectada 3D

La eliminación eficiente del calor a través de materiales de gestión térmica se ha convertido en uno de los desafíos más críticos en el desarrollo de dispositivos microelectrónicos modernos.

El óxido de grafeno (GO) se utilizó como relleno térmicamente conductor debido a su excelente conductividad térmica y puede ser recubierto con polímeros, como polidopamina (PDA) para mejorar su rendimiento de aislamiento eléctrico.

Es un método de "*construcción de partículas*" para fabricar compuestos poliméricos tridimensionales altamente ordenados basados en GO.

Los **compuestos de polímeros térmicamente conductores** muestran perspectivas atractivas como materiales de gestión térmica en muchas aplicaciones, como dispositivos microelectrónicos. Sin embargo, los enfoques tradicionales en la preparación de compuestos de polímeros térmicamente conductores generalmente tienen las desventajas de procesos complejos. Pero también se ha reportado un método fácil para compuestos de silicón altamente conductores térmicamente, basado en esponjas de grafeno interconectadas en 3D mediante el uso de una sal inorgánica como plantilla de sacrificio.



Este método es ampliamente utilizado para la fabricación fácil de compuestos de polímeros de matrices de plástico que son térmicamente conductores y tienen excelentes propiedades de aislamiento eléctrico. Con el desarrollo de dispositivos microelectrónicos con componentes electrónicos miniaturizados e integrados, un sistema de gestión térmica eficiente con materiales ligeros, que tienen una conductividad térmica y procesabilidad sobresalientes, es cada vez más importante. El uso de sistemas de gestión térmica basados en polímeros ha atraído mucho interés debido a las excelentes propiedades intrínsecas del polímero, como la alta flexibilidad, el

bajo costo, el aislamiento eléctrico y la excelente procesabilidad. Sin embargo, la mayoría de los polímeros poseen una baja conductividad térmica, lo que limita las aplicaciones de gestión térmica de los mismos.

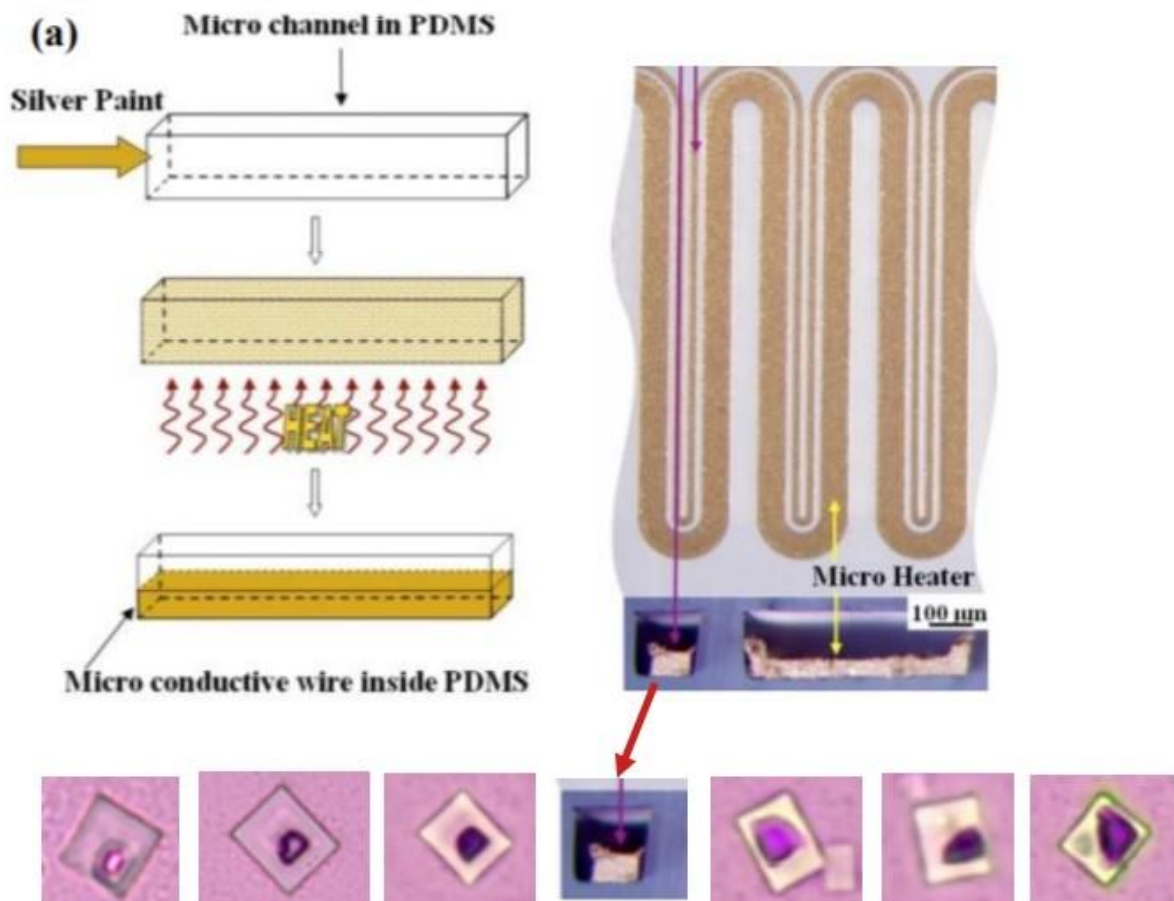
Para abordar la baja conducción térmica de los materiales poliméricos, se han estudiado muchos tipos de **reellenos térmicamente conductores**, y el compuesto de **polímero a base de carbono** se considera uno de los materiales más prometedores para la gestión térmica de los dispositivos eléctricos y electrónicos. Además, los dispositivos electrónicos de próxima generación requieren materiales compuestos con varias funciones adicionales, como flexibilidad, baja densidad, aislamiento eléctrico y conducción de calor orientada.

### Microcalentadores en biochips microfluídicos

Como se ha comentado, el PDMS se utiliza habitualmente en aplicaciones microfluídicas. Por esta razón, es interesante la integración de calentadores en el interior o en zonas cercanas a las cámaras de reacción de este tipo de chips. Se presenta un microcalentador y un sensor térmico colocado en el interior de los canales de PDMS. Este procedimiento se consigue mediante la introducción de diferentes tipos de ferrofluido [en este caso, *pintura de plata*) en el dispositivo a modo de conductor eléctrico.

Así, después de fabricar los microcanales, el ferrofluido se inyecta en el canal y, seguidamente, el chip se calienta. **Tras el calentamiento las partículas de ferrofluido residuales que permanecen en el canal formarán un hilo conductor que permitirá el paso de la corriente.**

(a) Esquema del proceso de fabricación del microcalentador conductivo en el canal de PDMS. (b) Imagen del dispositivo en la que se aprecian el canal para calentamiento y el canal para sensado [106].

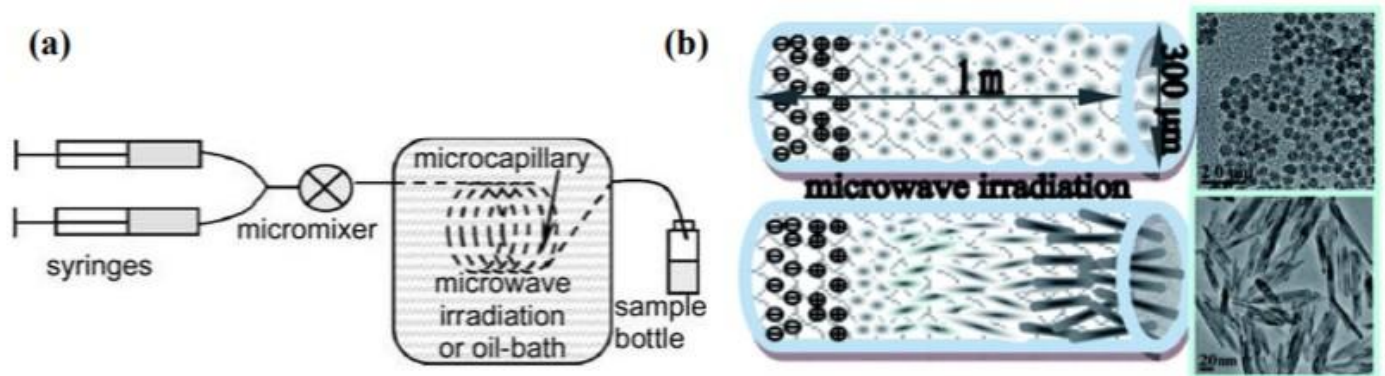


Cristales hallados en las vacunas Covid



Con este método se realizan dos canales posicionados en paralelo. El canal de menor anchura se emplea como sensor, midiéndose la variación de valor resistivo que se produce sobre el metal cuando se ve sometido al calor que desprende el calentador. El empleo de microondas para el calentamiento de reactores también es una práctica muy extendida en la literatura. De hecho, las síntesis radioquímicas a partir de microondas se llevan reportando durante varias décadas. El principal motivo del uso de este tipo de calentamiento es la reducción de los tiempos de reacción durante el proceso.

Se ha diseñado un reactor microfluídico calentado por radiación de microondas para preparar **nanocristales** empleando para ello **etilenglicol** como disolvente. De esta manera, combina el efecto de esta radiación con las ventajas derivadas de la utilización de un reactor microfluídico y consigue acelerar la etapa de nucleación y estimular el crecimiento de los nanocristales. La figura muestra el esquema del sistema y la formación de cristales. Con este procedimiento mejora la eficacia de la reacción.



**Figura 2.21** (a) Esquema del proceso de calentamiento mediante la aplicación de microondas. (b) Imagen del crecimiento de los nanocristales de  $\text{LaF}_3 / \text{LaPO}_4$  Ce, Tb

**Existen numerosos ejemplos del uso de estos calentadores dispositivos microfluídicos para detección de genes específicos. Uno de ellos sirve para realizar la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).**

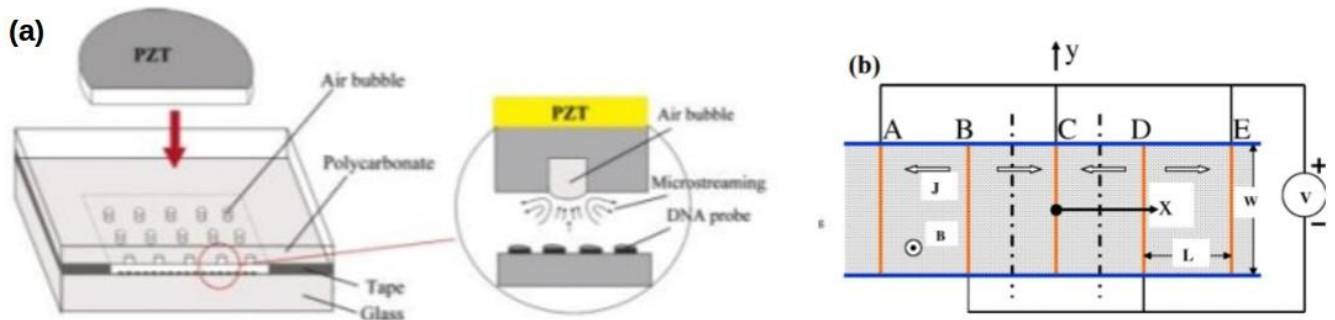
Atendiendo a la manera en que se realiza el proceso se pueden distinguir dos tipos de mezclado: activo y pasivo. El proceso de mezcla microfluídica se puede considerar activo cuando se aplica una fuerza externa para agitar el fluido, o pasivo cuando el mezclado se produce por un aumento en el área y el tiempo de contacto de los líquidos a través de distintas configuraciones de los microcanales.

En los mezcladores activos se pueden usar numerosas técnicas para obtener la mezcla, entre las que destacan métodos:

- Acústicos (ultrasonidos)
- Dielectrophoresis
- Pulsos de tiempo electrocinéticos
- Perturbatorios de presión
- Electrohidrodinámicos
- Magnéticos
- Térmicos

## Biochip microfluídico biosensor molecular de ADN

Micromezclador que utiliza frecuencias electromagnéticas y de ultrasonidos para mover las microburbujas de aire y ferrofluidos / biofluidos en la cámara de reacción.

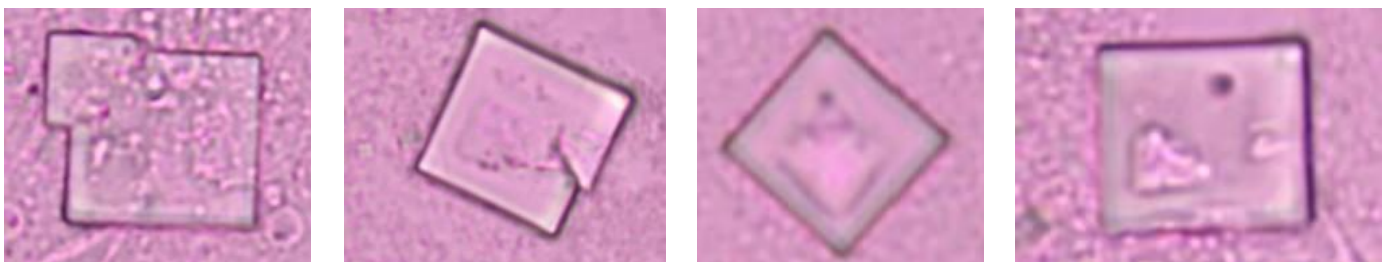


(a) Forma cuadrangular, microestructuración en placas planas acopladas, poliméricas PDMS translúcidas, con marco y hendidura interior, forma esquemática lateral de "muro de castillo".

(b) Vista esquemática superior de la microcircuitería canalítica del biochip

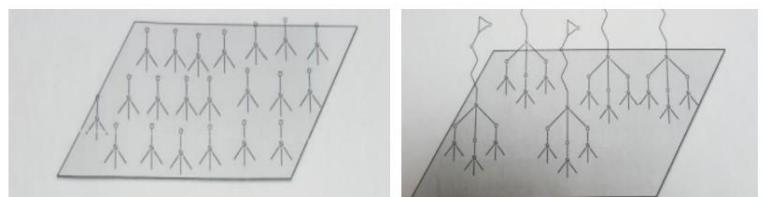
Por ejemplo, en la actuación acústica, se utiliza el uso de corrientes ultrasónicas para obtener la mezcla. En el caso de este tipo de dispositivos, se utilizan **discos piezoeléctricos para mover burbujas de aire en la microcámara con frecuencias electromagnéticas**. El efecto del flujo magneto-hidrodinámico es utilizado para fabricar micromezcladores. Se han fabricado micromezcladores que usan campos eléctricos y magnéticos para generar fuerzas de Lorentz en el interior de la cámara. Estas fuerzas magnéticas inducen flujos hidrodinámicos en la solución y mezclan el fluido en la cámara.

## Cristales vacunas Covid



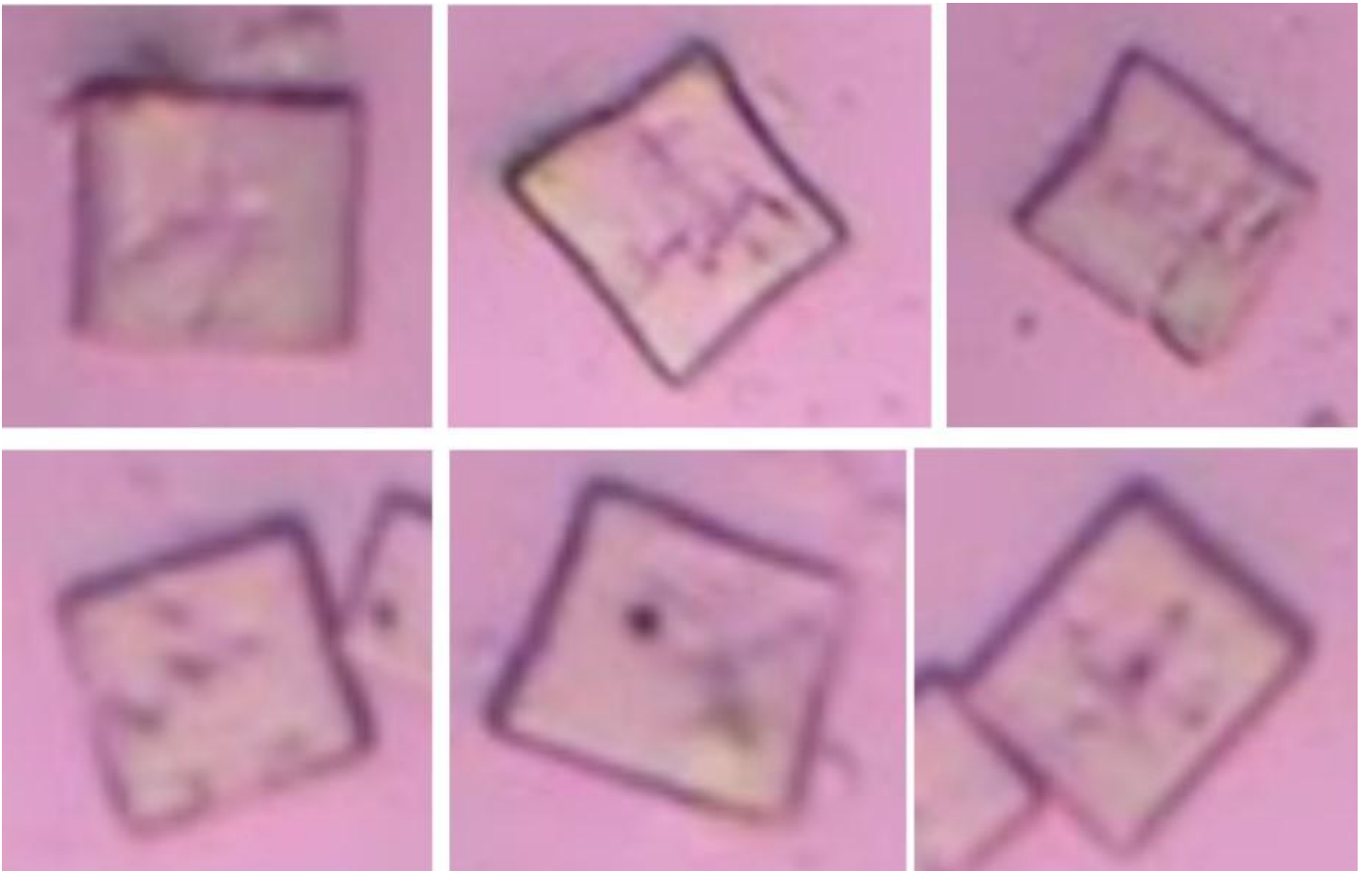
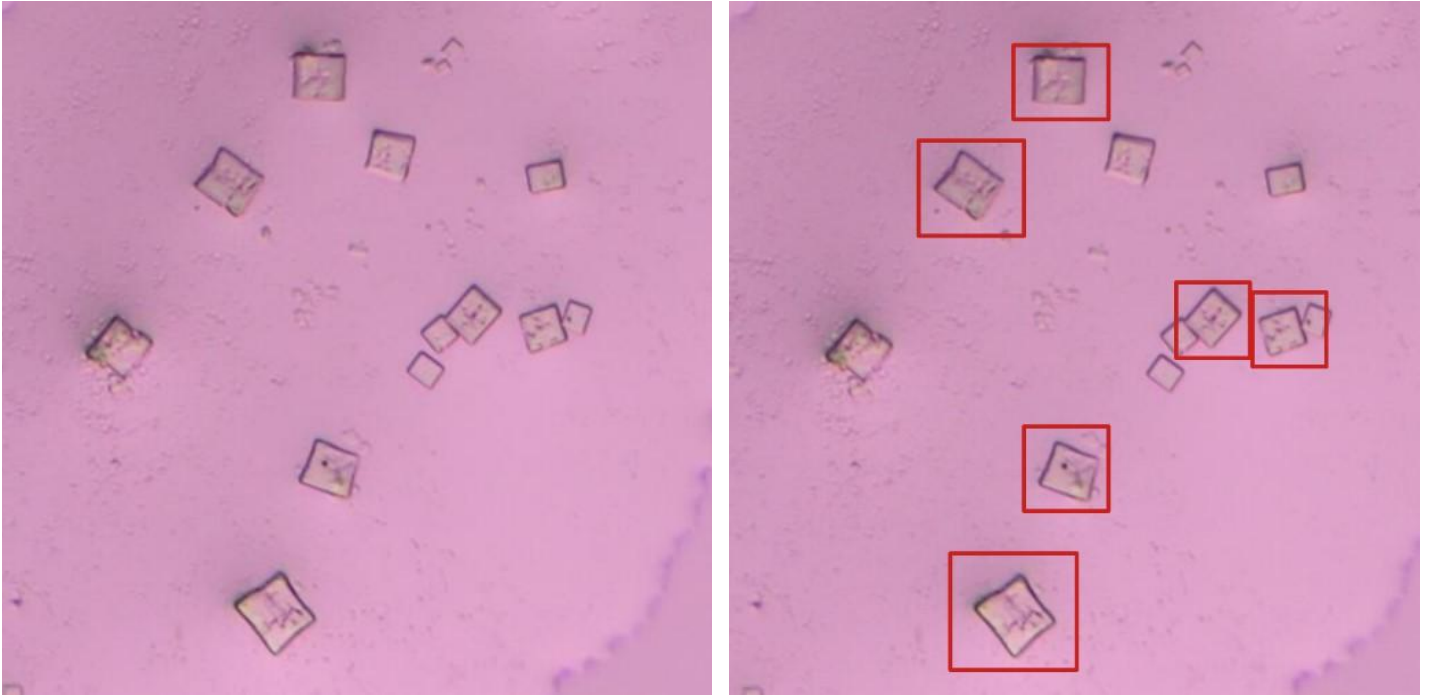
**Cristales biosensores nanoplasmonicos de área extensa, bajo coste, respuesta rápida, y alta sensibilidad para detección biológica**

El proceso de fabricación es de muy **bajo coste** ya que se basa en la combinación de técnicas de litografía blanda y grabado por plasma.



Funcionalización de los *cristales* para la inmovilización de proteínas y moléculas

## Cristales vacuna Covid con formas de zigzag



En los cristales se pueden apreciar dibujos en forma de Y, W, Z, N, V, L, T, E, H, +, X, y diversas formas similares en zigzag.

## Formas en zigzag

El grafeno es una lámina plana de carbono de un átomo de espesor dispuesta en una red de panal. Los átomos de carbono forman una red hibridada con tres vecinos más cercanos, dejando un orbital medio lleno, no hibridizado, perpendicular al plano de grafeno. La terminación finita del grafeno da como resultado dos posibles geometrías de bordes: “zigzag” y “armchair”.

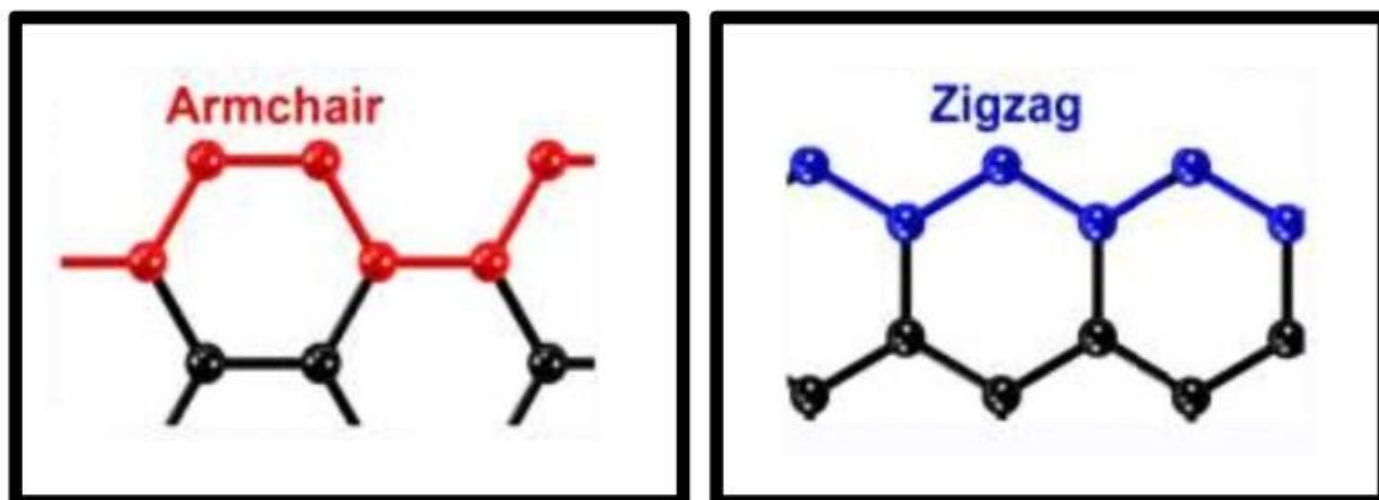
Los dos tipos de terminaciones muestran propiedades electrónicas bastante diferentes. Los bordes en zigzag presentan un fuerte pico de densidad de estados en la energía de Fermi, lo cual es característico de un comportamiento metálico, mientras que los bordes del “armchair” también pueden presentar un comportamiento de semiconductores. Desde el punto de vista químico, los bordes en “zigzag” son más reactivos que los “armchair”.

Se ha encontrado evidencia largamente buscada de magnetismo en los bordes del grafeno. **Los hallazgos podrían permitir el desarrollo de las puertas lógicas necesarias para las computadoras cuánticas.**

El grafeno tiene muchas propiedades potencialmente útiles, pero generalmente no es magnética cuando está prístina. Sin embargo, **los bordes de las láminas de grafeno pueden volverse magnéticos cuando tienen una disposición en zigzag de átomos de carbono.**

Existen métodos para hacer cintas de grafeno de nanómetros de ancho (nanocintas de grafeno) con bordes en zigzag bien definidos “decorados” con moléculas de radicales orgánicos que tienen espines de electrones, una propiedad cuántica de los electrones que está asociada con el magnetismo.

Se han creado nanocintas de grafeno químicamente estables con formas uniformes en zigzag. **Los investigadores informan que: “la técnica dio como resultado nanocintas de grafeno que son lo suficientemente fuertes como para probar las teorías sobre sus propiedades magnéticas”.**

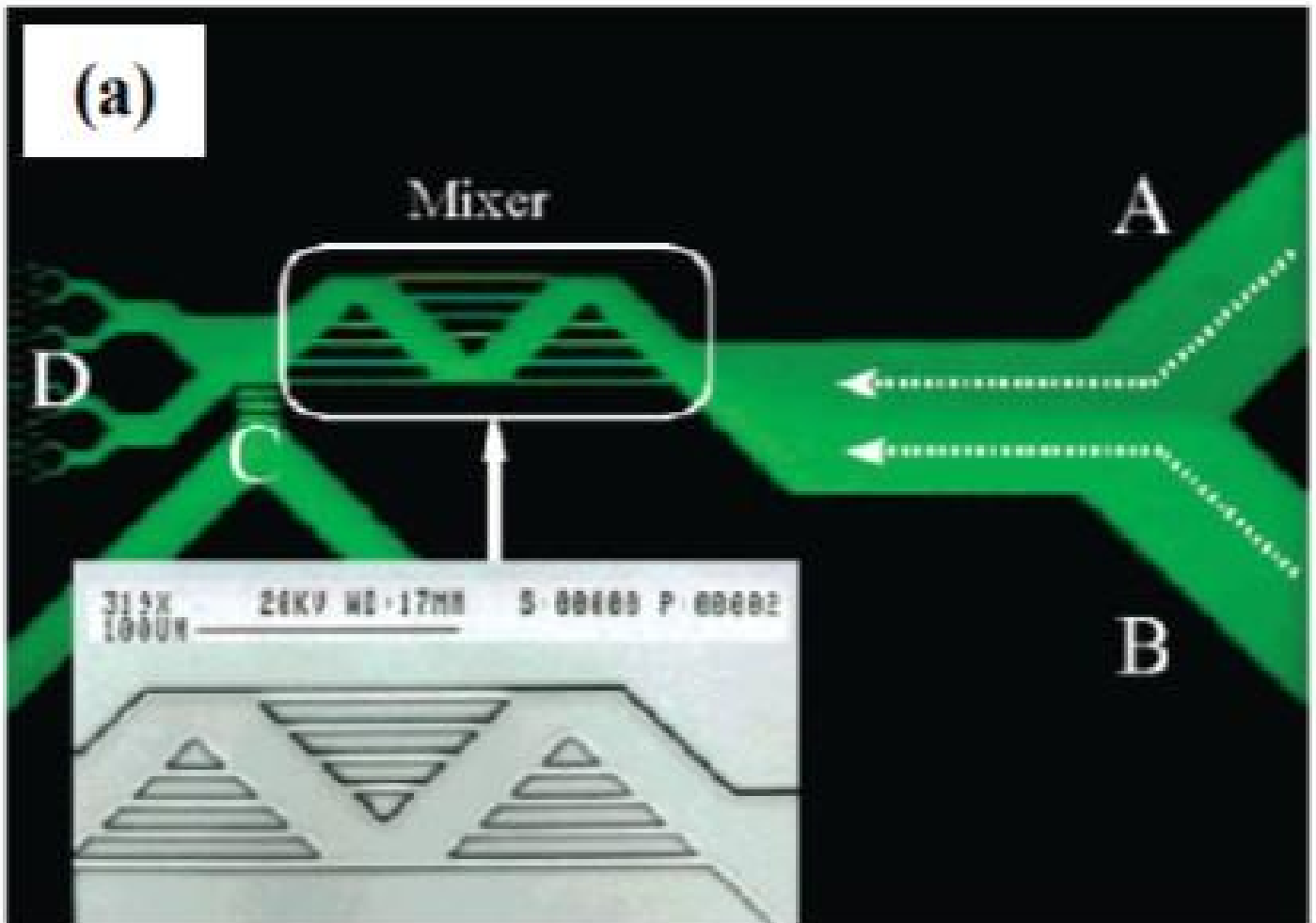


Existen nanocables inorgánicos autoensamblados en grafeno y nanocintas de grafeno fabricadas con esos nanocables. Se encuentra que tanto los nanocables como las nanocintas de grafeno están alineados en direcciones en zigzag. Los nanocables de cianuro de oro crecen directamente en grafeno prístino en solución acuosa a temperatura ambiente, y las moléculas se alinean con las direcciones de la red en zigzag del grafeno. Luego, los investigadores fabricaron nanocintas de grafeno con direcciones en zigzag empleando los nanocables sintetizados como una máscara de grabado. Las nanocintas de grafeno creadas tenían 10 nm.

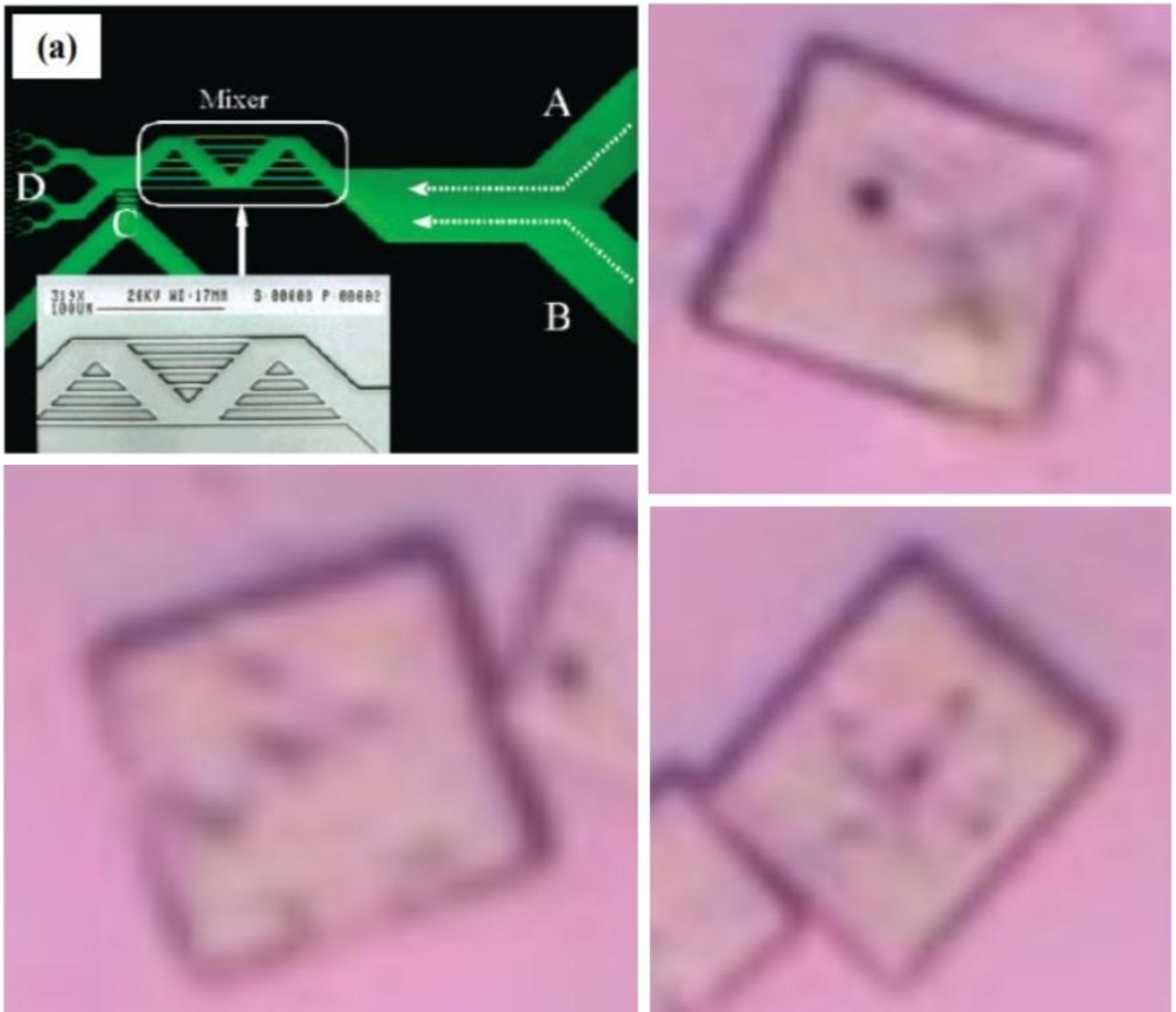
## Biochips microfluídicos con canales en zigzag

Se han realizado estudios sobre la eficiencia de mezcla en un microcanal con una configuración en zigzag. Los resultados muestran que la eficiencia de mezcla aumentó del 65% al 83.8%.

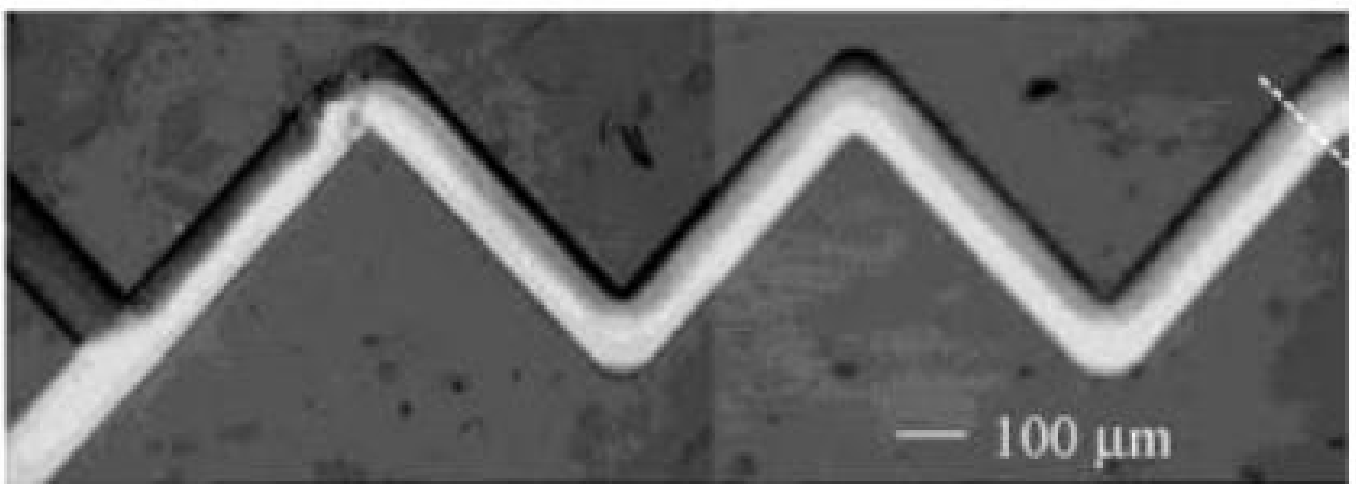
Ejemplos de canales en forma de Y, W, N, Z, etc. (zigzag).



Hagamos una vez más repaso de los cristales Covid con dibujos de Y, W, zigzag



Canal en forma de zigzag de un biochip microfluídico



## Biochips microfluídicos con microcircuitería en forma de Y, W, zigzag

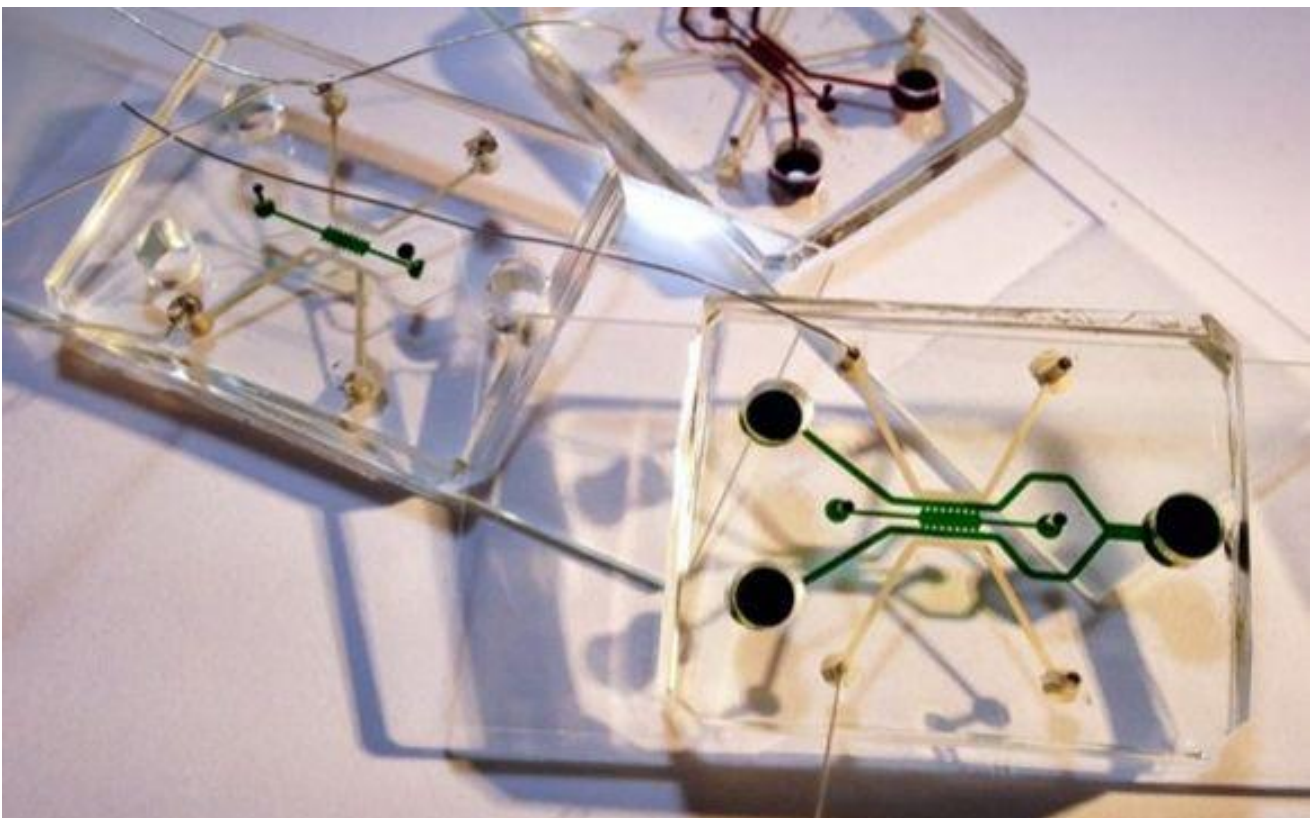
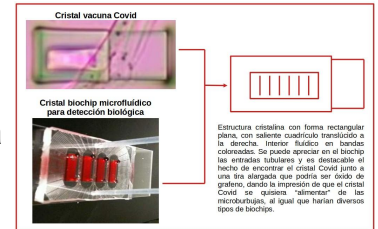
**Biochip para tratamientos oncológicos con electricidad.** Nótese el sistema de punteado, la estructura cuadrícula translúcida, la apariencia de marco alrededor, los filamentos conectores, y la estructura ya expuesta anteriormente tipo “USB”.

El chip de microfluidos permite estudiar cómo funcionan las células cancerosas ante los campos eléctricos, lo que podría ser útil para la creación de nuevas terapias contra el cáncer mediante electricidad.

Supuestamente los campos eléctricos con baja intensidad y frecuencias medias detienen el desarrollo de las células del cáncer de pulmón y del de mama.

El dispositivo ha sido fabricado utilizando un polímero similar a un gel que se modela a través de pequeños canales del dispositivo. En esos canales, introdujeron diferentes electrodos, en el que se inyectaron a su vez hidrogeles de células procedentes de la mama o el pulmón, así como pequeñas masas tumorales. Los hidrogeles crearon una matriz tridimensional para imitar el entorno extracelular.

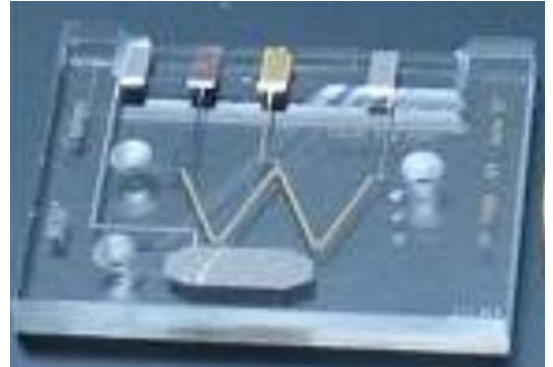
Este dispositivo puede suponer un paso adelante en el conocido como tratamiento de campo, o TTF, que se lleva estudiando desde hace una década y que se deriva de la interacción entre las estructuras celulares clave en los tumores, y **un campo eléctrico externo.**



## Biochip microfluídico con microcircuitería en forma de W, Y, zigzag

**Biochip que simula el metabolismo de fármacos en el cuerpo humano.** El nuevo dispositivo (2009) simula los efectos de compuestos químicos en el organismo humano. El chip contiene una diminuta celda electroquímica, un compartimento dentro del cual se pueden simular de forma rápida y controlada las reacciones químicas que tienen lugar en el cuerpo humano.

El canal principal del biochip lleva los compuestos químicos a analizar en microgota a la celda electroquímica que tiene una capacidad volumétrica de solo 9,6 nanolitros. Cuando el compuesto químico o fármaco se inserta en este canal, se oxida y forma varios constituyentes. Las reacciones químicas en la celda se pueden controlar alterando el voltaje aplicado a los electrodos construidos en su interior, hechos con la misma tecnología que se usa para crear los cables que unen los transistores dentro de un chip electrónico. Los resultados de las reacciones que ocurren dentro del biochip son captados por electrodos y llevados al equipo donde se realizan las mediciones y evaluaciones. Este biochip puede ser usado para análisis de múltiples tipos de reacciones químicas orgánicas.

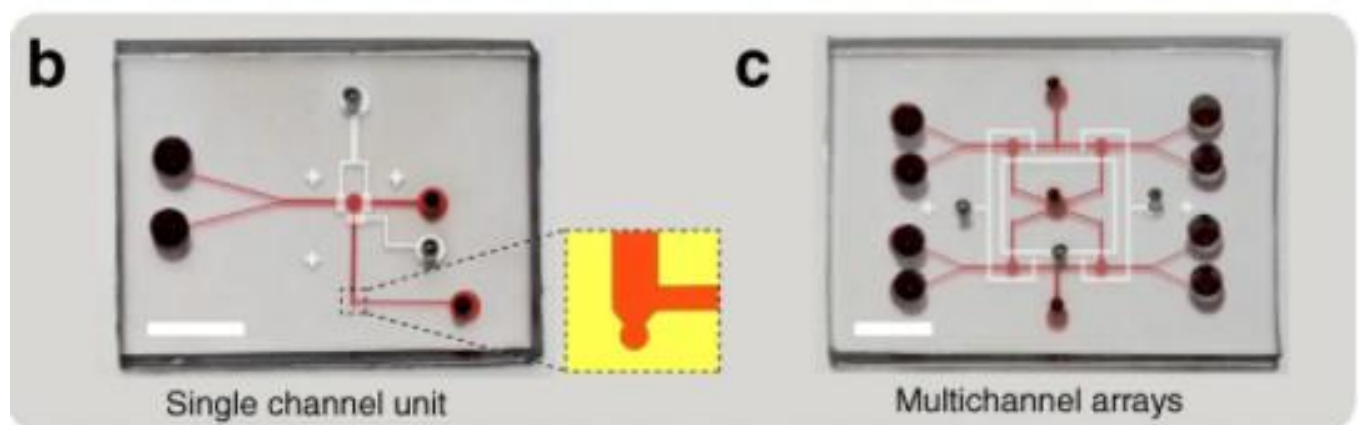
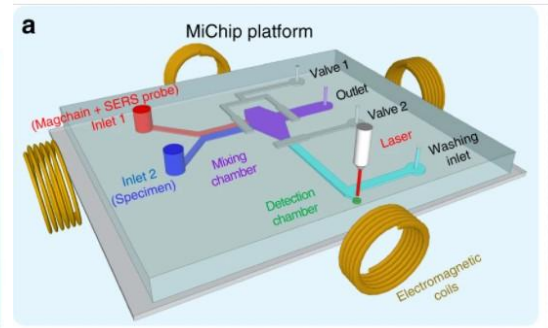
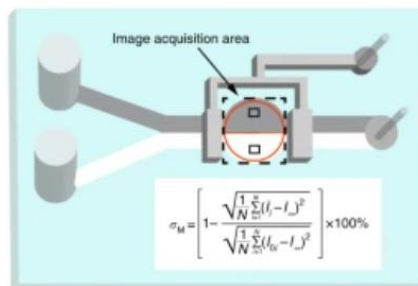


## Biochip microfluídico polimérico de PDMS de cadenas magnéticas (mostrado anteriormente)

Cristal Covid



Biochips con canalítica en forma de Y, individual y múltiples



Los canales de estos 2 biochips han sido tintados de rojo para mejorar la visualización de estos, puesto que sino no se verían, o se verían prácticamente transparentes.

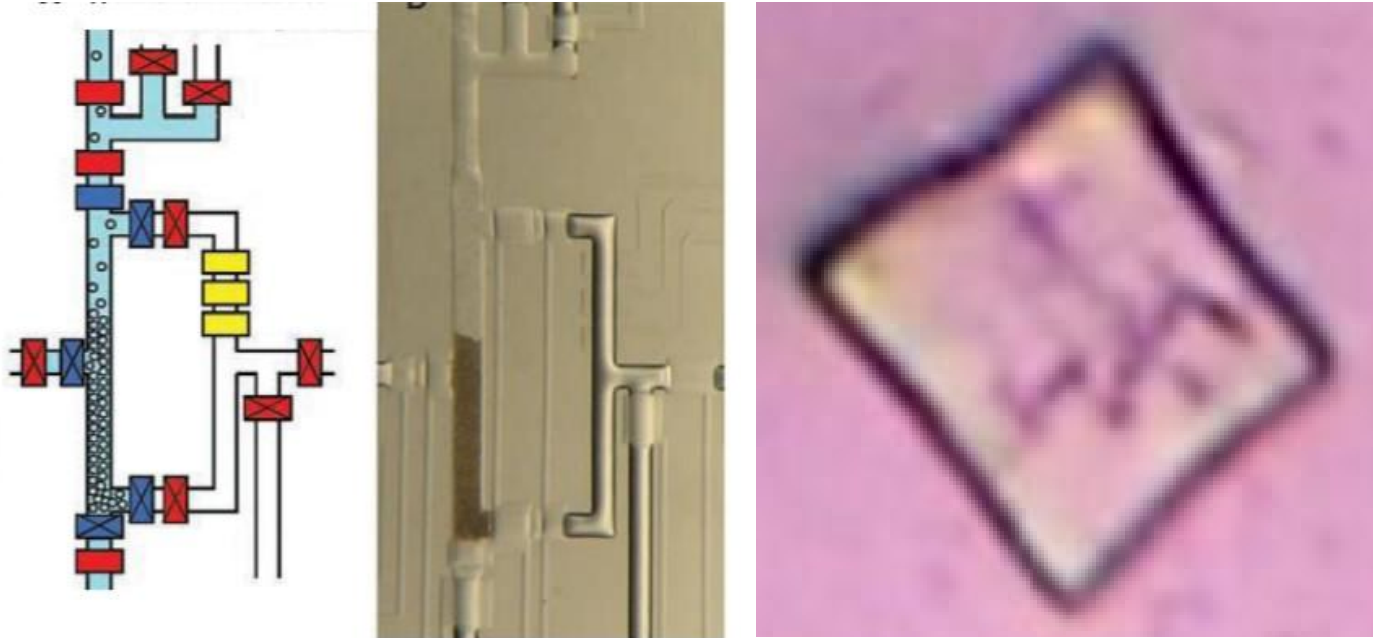


## Sistema de canalizaciones en forma de “tuberías”, E, T, H, etc.

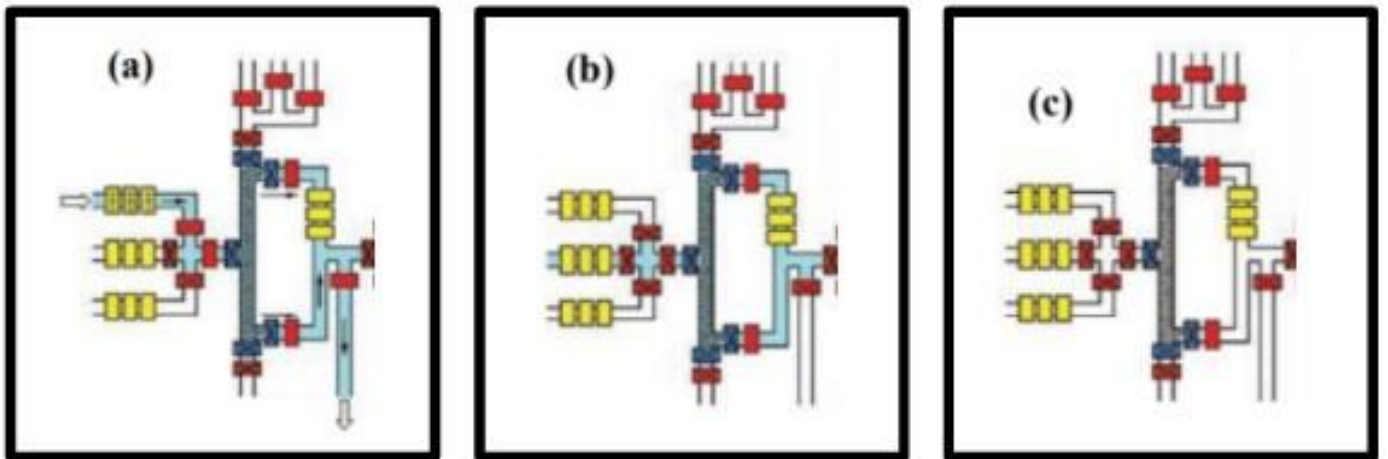
Sistema de microcircuitería canalítica de un biochip microfluídico polimérico para administración de fármacos y aplicaciones teranósticas de radiofármacos. Obsérvese el dibujado en el interior del cristal Covid, se puede apreciar una apariencia de microcircuitería con un patrón muy similar al del biochip.

Canales biochip microfluídico

Cristal vacuna Covid



Representación esquemática de la columna de intercambio aniónico e instantánea de proceso de carga de partículas en la columna.



Cristales Covid



## Nanoenrutadores de microgota a través de campos electromagnéticos para PCR

Biochip microfluídico para diagnóstico genético que combina en un único dispositivo la reacción en cadena de la polimerasa -PCR- con la preparación de las muestras biológicas a analizar.

El dispositivo permite manipular con precisión una gota "simple" que contiene nanopartículas en suspensión. A la gota se añade la muestra biológica a analizar que funciona como vehículo de transporte. El biochip tiene un recubrimiento de material superhidrofóbico y el movimiento del líquido es inducido por medio de campos magnéticos variables que actúan sobre las nanopartículas en suspensión.

*La reacción en cadena de la polimerasa -PCR- permite duplicar e identificar secuencias genéticas. El procedimiento requiere que la muestra pase por una secuencia específica de temperaturas.*

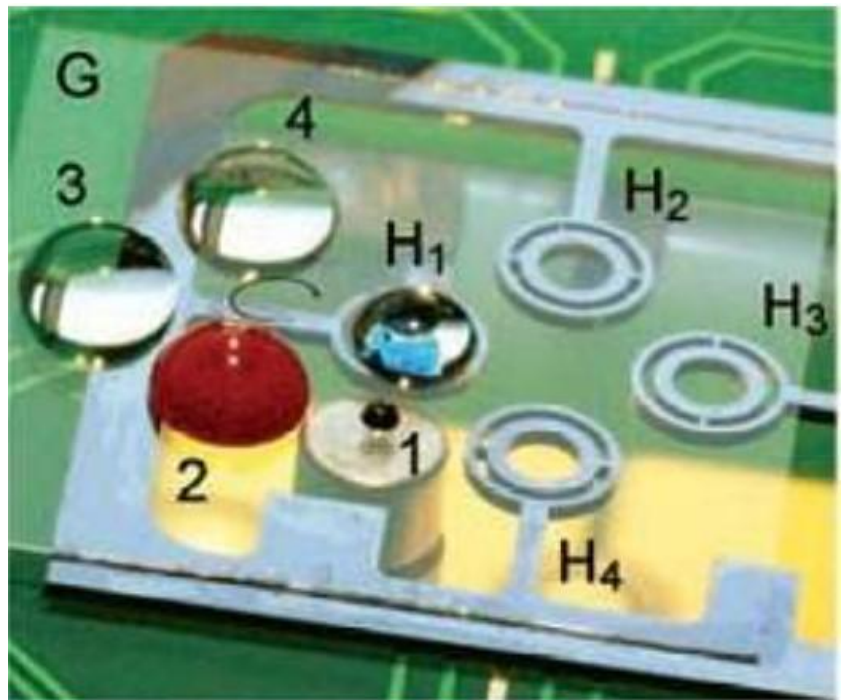
**Debido a la lentitud del proceso de calentamiento y enfriamiento, un análisis de PCR realizado en un laboratorio suele tardar varias horas en completarse.**

**El nuevo biochip (2008) hace esto en solo unos minutos, incluida la preparación de muestras.**

El biochip funciona como un reloj. El manejo preciso de la gota portadora a lo largo del chip asegura que pase por "estaciones" donde se encuentran la muestra a analizar, las enzimas y los reactivos necesarios para extraer el material genético de las células. La gota se dirige para que pase por todas las estaciones, captando el material necesario.

Finalmente la gota se mueve a lo largo de una región circular con varios gradientes de temperatura. El creador del biochip dijo: *"Es como si estuviera parada al final de la manecilla de un reloj imaginario, con el proceso repitiéndose una y otra vez"*.

Cada ciclo dura 8 segundos. Un detector de fluorescencia en una de las regiones del biochip monitorea el progreso de la PCR e indica si la secuencia genética deseada está presente y en qué cantidad.



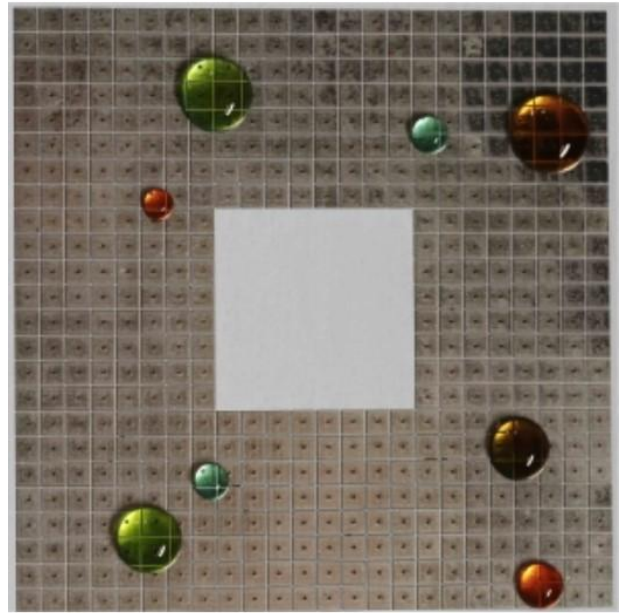
Superficie de biochip que muestra gotas con muestra y reactivos. Las distintas "estaciones" del biochip se identifican con la letra H.

## Nanoenrutadores de gota programables SIN canalítica en el biochip

A través de campos eléctricos se puede mover microgotas de soluciones químicas o biológicas sin contacto a lo largo de una superficie, mezclándolas de diferentes maneras, una tecnología que debería permitirles probar miles de reacciones químicas o bioquímicas en paralelo.

**La técnica es una alternativa a los dispositivos microfluídicos utilizados hoy en día en la investigación biológica, en los que se bombean soluciones a través de canales microscópicos conectados por válvulas mecánicas, conformando los llamados biochips .**

**Todo el movimiento de las gotas se controla computacionalmente, lo que permite que los experimentos se lleven a cabo de manera más eficiente, económica y a mayor escala.**



La microfluídica digital prescinde de los microcanales de los biochips.

En el nuevo sistema (2018) las gotas se depositan sobre una superficie y se mueven de forma automática mediante campos eléctricos para llevar a cabo los experimentos.

El sistema del nuevo biochip incluye un software que permite al usuario describir, con un alto nivel de generalidad, los experimentos que desea realizar. Luego, el programa calcula los caminos de las gotas en la superficie y coordina el tiempo de las operaciones sucesivas.

### **Biochip microfluídico digital (DMFB) nanoenrutador de gota de alto rendimiento**

La antigua generación de biochips microfluídicos consta de varios componentes a escala micrométrica que incluyen canales. Aunque esta generación muestra aplicaciones exitosas como sondeos de ADN, la nueva generación de biochips microfluídicos (2008) se ha propuesto sobre la base de un reciente avance tecnológico donde el flujo de líquido continuo se corta o digitaliza en gotitas. Estas gotitas se manipulan de forma independiente mediante un campo eléctrico. Esta nueva generación se denomina biochip microfluídico digital (DMFB).

El objetivo del enrutamiento de gotas en un DMFB es encontrar un programa eficiente para cada gota que la transporte desde su origen hasta su destino, satisfaciendo al mismo tiempo todas las restricciones. El enrutamiento DMFB permite que múltiples gotas compartan el mismo punto durante diferentes intervalos de tiempo.

**Se ha creado un enrutador de gotas de alto rendimiento para el diseño de biochips microfluídicos digitales (DMFB).** Debido a los avances recientes en bio-MEMS, se espera que la complejidad del diseño y la escala de un DMFB exploten aún más en un futuro cercano.

Entre las múltiples etapas de diseño de un DMFB, el enrutamiento de gotas que programa el movimiento de cada gota de una manera multiplexada en el tiempo es uno de los desafíos más críticos debido a la alta complejidad, así como a los grandes impactos en el rendimiento.

El algoritmo enruta primero una gota con mayor capacidad de derivación que es menos probable que bloquee el movimiento de las demás. Cuando múltiples gotitas forman un interbloqueo, nuestro algoritmo lo resuelve retirando algunas gotitas para concesión. Un paso final de compactación mejora aún más la sincronización y la tolerancia a fallas al ajustar cada movimiento de gota con avidez. Los resultados experimentales en puntos de referencia estrictos muestran que nuestro algoritmo logra una capacidad de enrutamiento 35x y 20x mejorada en tiempos y tolerancia a fallas.

### Sistema de nanoenrutamiento de microgota en un biochip microfluídico programable

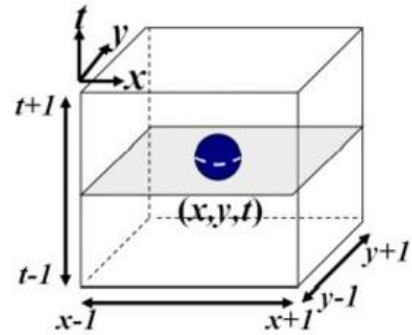
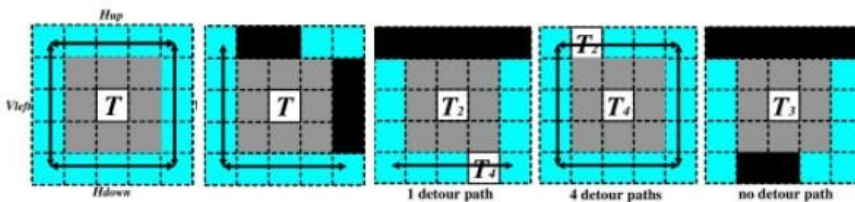
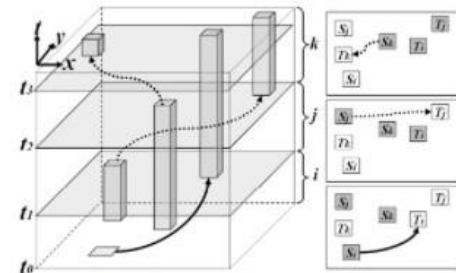


Table 2: Bypassability analysis table.

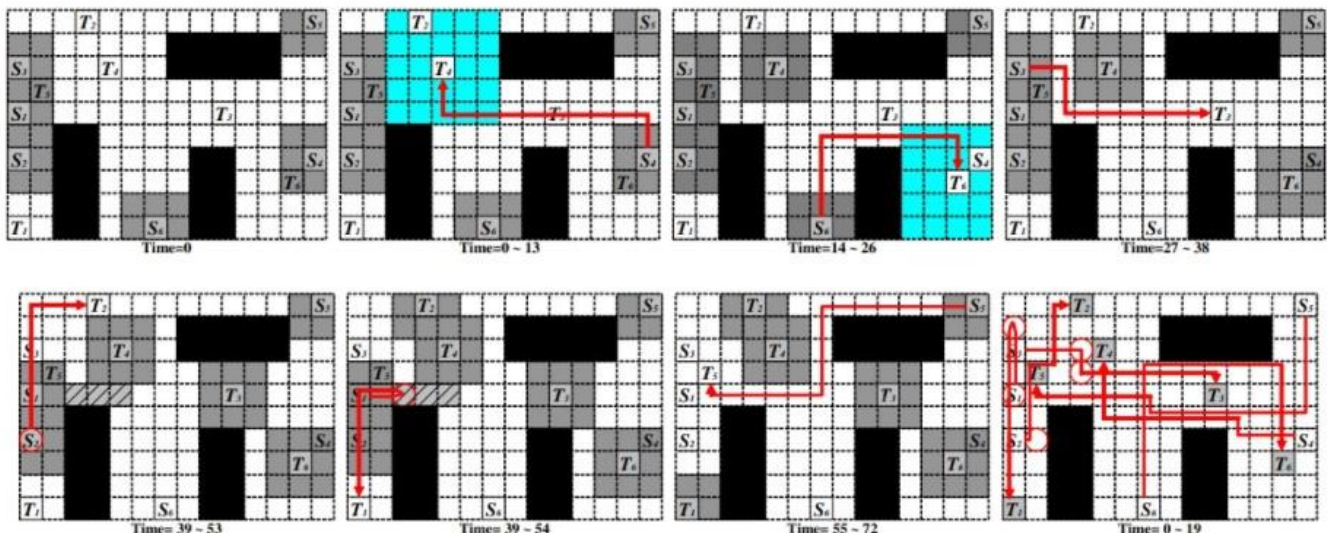
Direction		Full					Half					No				
H	$H_{up}$	o	x	o	o	o	o	x	x	o	x	o	x	x	x	
	$H_{down}$	o	o	x	o	o	x	x	o	o	o	x	x	o	x	x
V	$V_{left}$	o	o	o	x	o	x	o	x	o	x	o	x	o	x	x
	$V_{right}$	o	o	o	o	x	o	x	o	x	x	o	x	x	o	x

Tabla de análisis de la derivación del enrutamiento de gota en un biochip microfluídico programable



Cada gota se enruta en el biochip durante diferentes intervalos de tiempo para reducir la complejidad de la búsqueda

### Sistemas de nanoenrutamiento de microgota en un biochip microfluídico programable



## Automatización química desde lenguaje de programación BioCoder

La tecnología de microfluidos ya está incorporada en una gran cantidad de biochips, microlaboratorios *lab-on-a-chips* (2014).

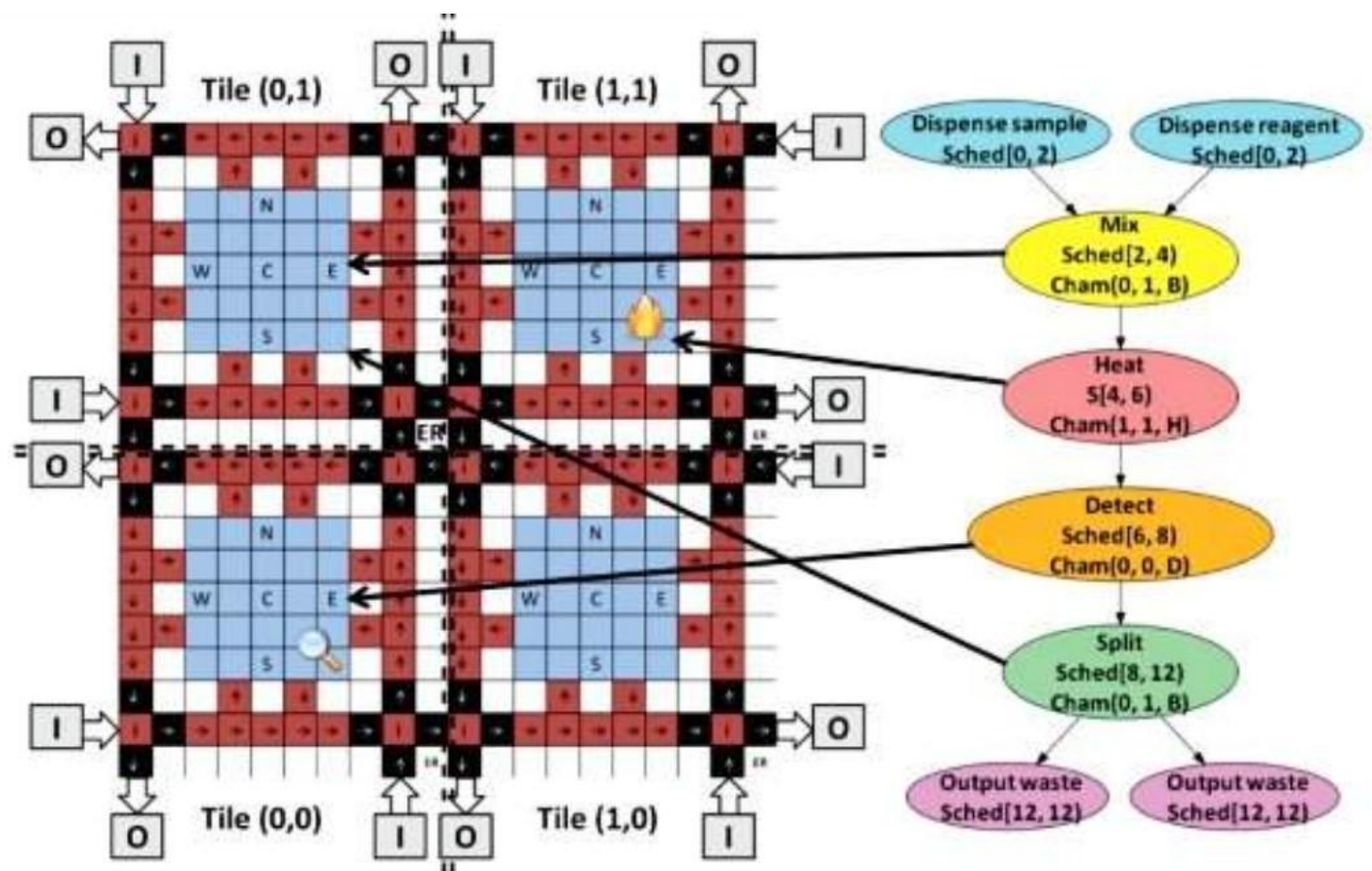
Los biochips microfluídicos están destinados a resolver problemas en áreas muy diferentes, incluida la secuenciación de ADN, el descubrimiento de nuevos fármacos, la detección de virus e innumerables pruebas biomédicas.

Estos biochips, por cuyas venas corren compuestos químicos en estado líquido, ferrofluidos, biofluidos, etc. son programables.

Se han adaptado lenguajes de programación orientados a la biología para automatizar las reacciones bioquímicas dentro de los biochips.

El investigador dijo: "Si piensas en el comienzo de las computadoras, básicamente eran herramientas para automatizar las matemáticas, lo que estamos creando son dispositivos que podrán automatizar la química".

Los procesos de programado de automatización autogenerada son la base de la I.A. y la I.H. (Inteligencia Artificial e Inteligencia Híbrida).



La arquitectura de programación ve el biochip como una serie de mosaicos, que están dispuestos lógicamente para automatizar decisiones.

Como son parientes muy cercanos de los circuitos integrados electrónicos, los microlaboratorios están equipados con sensores electrónicos similares a los que se usan en los teléfonos inteligentes y las tabletas. Estos sensores permiten analizar los datos de reacción para tomar decisiones sobre qué hacer a continuación, por ejemplo, seleccionar los canales por los que deben circular los compuestos dentro del chip, qué compuestos deben mezclarse, cuáles deben desecharse, etc.

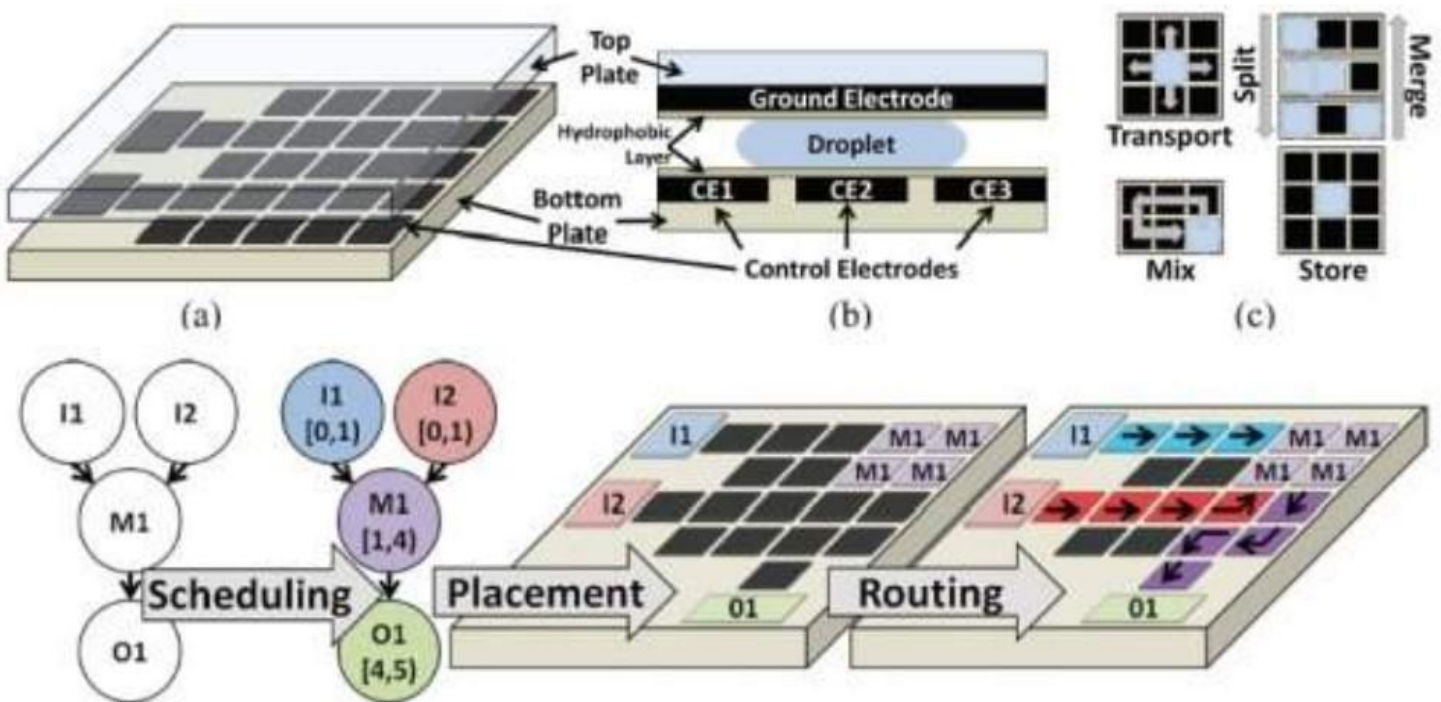
Se ha creado un lenguaje de programación biológico, llamado **BioCoder**, desarrollado por la oficina de investigación de Microsoft en India. Originalmente fue creado para mejorar la reproducibilidad y permitir la automatización de experimentos de biología utilizando un lenguaje de programación para expresar la serie de pasos realizados en cada experimento.

El investigador también dijo:

“A través de la automatización y la programación, eliminas el error humano, reduces costos y aceleras todo el proceso”.

“Realmente estamos tratando de eliminar la interacción humana tanto como sea posible”

### Lenguaje de programación biológica



El lenguaje de programación permite automatizar las reacciones dentro de los biochips.

## Epitaxia de gotas para autómatas celulares de circuitos de puntos cuánticos

La tecnología CMOS (Semiconductor Complementario de Óxido Metálico) es el sistema utilizado en la gran mayoría de dispositivos electrónicos, (memorias, procesadores, etc.) pero se está acercando a sus límites teóricos de miniaturización.

También existen limitaciones causadas por efectos cuánticos y ciertas anomalías en la tecnología de la ciencia de los materiales.

Cuando la tecnología CMOS se acerca a la nano-región, se presentan problemas en el diseño de microchips.

Estas dificultades hacen motivar la aparición de nuevos sistemas capaces de microestructurar y miniaturizar cada vez más los dispositivos creados.

Se abre la pregunta a ¿cuál será el sistema que está reemplazando al sistema CMOS en la fabricación de micro y nanodispositivos electrónicos ultraminiaturizados de última generación?

**La respuesta se esconde en el prometedor estado de la espinotrópica, una electrónica basada en el grafeno.**

El principal sistema candidato a sustituir los sistemas CMOS es el sistema QD (puntos cuánticos, o quantum dots). El trabajo de los circuitos cuánticos (al igual que la computación cuántica) se basa en fenómenos mecánicos cuánticos, por lo que la realización debe ser a escala nanométrica.

La computación cuántica usa los estados cuánticos para codificar y procesar información. La unidad de información cuántica es el qubit.

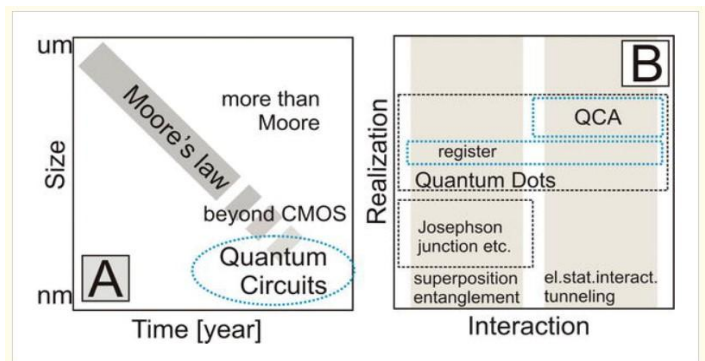


Figura 1.

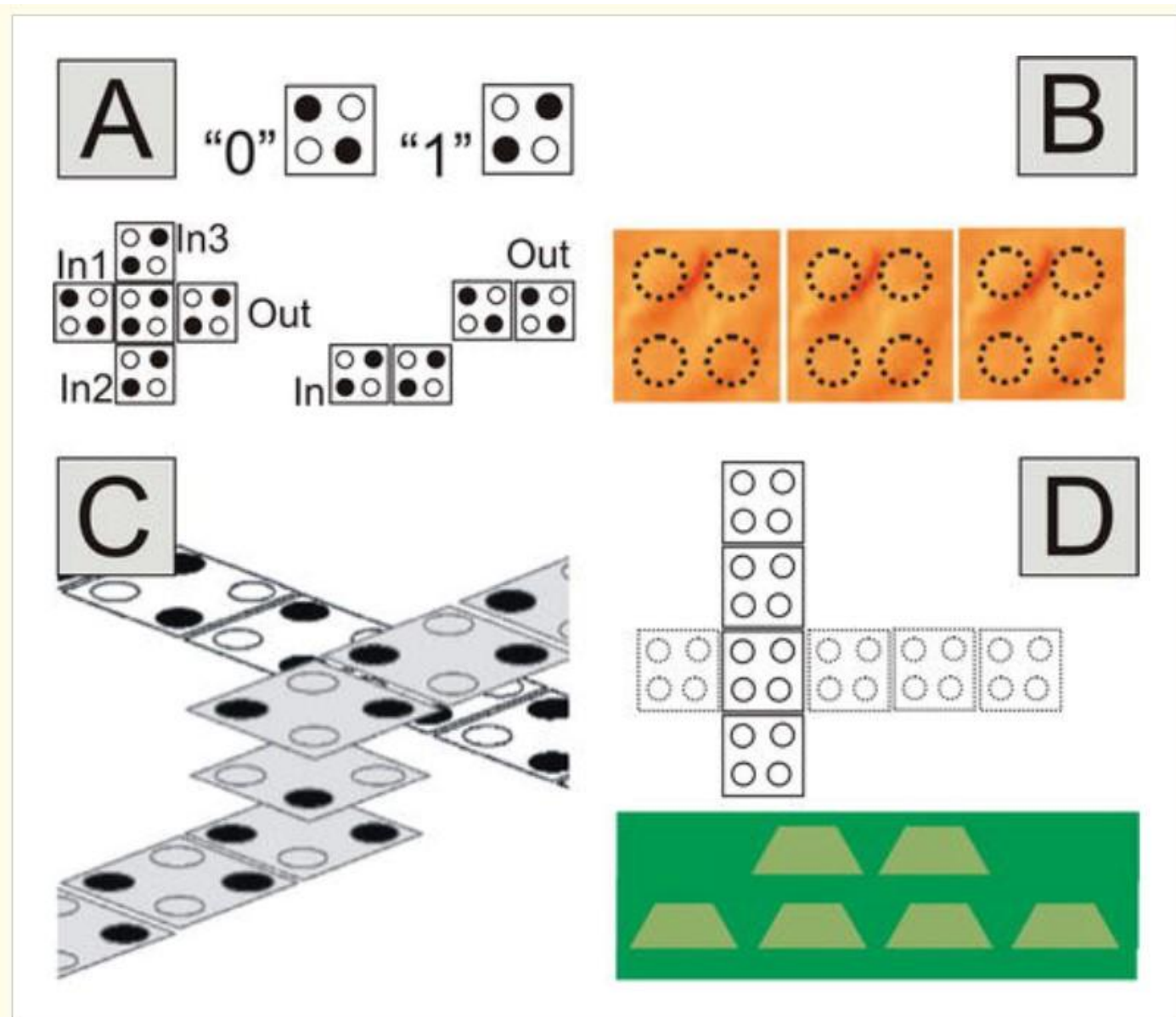
(A) El circuito cuántico es una posible solución más allá de la tecnología CMOS; (B) realización de circuitos cuánticos tales como autómatas celulares de registro o punto cuántico (QCA). La realización basada en puntos cuánticos puede unir los circuitos basados en bits y qubits.

Existen varios métodos de autoensamblaje para lograr la disposición o el posicionamiento espacial. La nucleación de la nanoestructura, que puede ser inducida por un campo de tensión local, se utiliza para ubicar lateral o verticalmente algunos nanoobjetos. Este método llamado -autoensamblaje controlado- tiene tres formas diferentes;

- El primero forma objetos autónomos como QD, pares de QD o tréboles de QD (QD de cuatro puntos de acoplado) manipulando los parámetros tecnológicos.
- El segundo utiliza las características naturales (pasos de monocapas o dislocaciones) para inducir el ordenamiento requerido por el efecto de autoensamblaje.
- El tercero induce el orden requerido aplicando una influencia artificial en el proceso, como por ejemplo un haz de iones enfocado (FIB) o la creación de nanoagujeros (NH).

**La combinación de estos métodos brinda la posibilidad de crear nanoestructuras complejas.**

## Autómatas celulares AC de puntos cuánticos QD



**Figura 9.**

Realización de autómatas celulares QD basados en QD Clover; (A) la unidad básica y la puerta mayoritaria y la puerta inversora de los autómatas celulares QD; (B) la realización de autómatas celulares QD por QD.

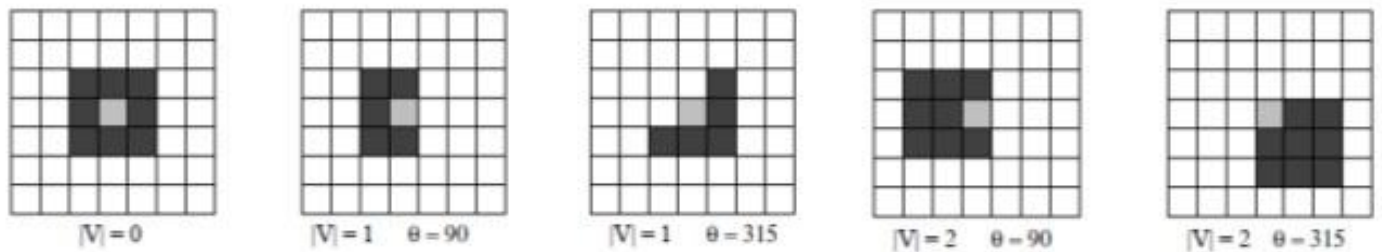
Un autómata celular (AC) es un sistema dinámico discreto que consta de una cuadrícula uniforme (finita o infinita) de células. Cada celda puede estar en solo uno de un número finito de estados en un tiempo discreto. A medida que avanza el tiempo, el estado de cada celda en la cuadrícula está determinado por una regla de transformación que tiene en cuenta su estado anterior y los estados de las celdas inmediatamente adyacentes (la "vecindad" de la celda).



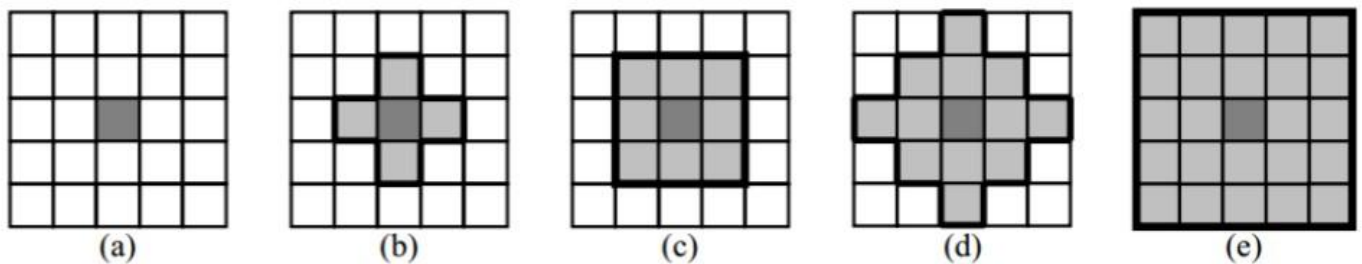
## Sistemas complejos, Inteligencia Artificial y autómatas celulares (AC)

Funciona en modo **sistema complejo de programación**. Los sistemas complejos, se autorregulan dependiendo de las celdas adyacentes, y son capaces de generar comportamientos dinámicos automatizados. Son la base de la I.A.

Ejemplo de matrices representativas de sistemas complejos de programación como autómatas celulares (AC) y posibles vecindades.

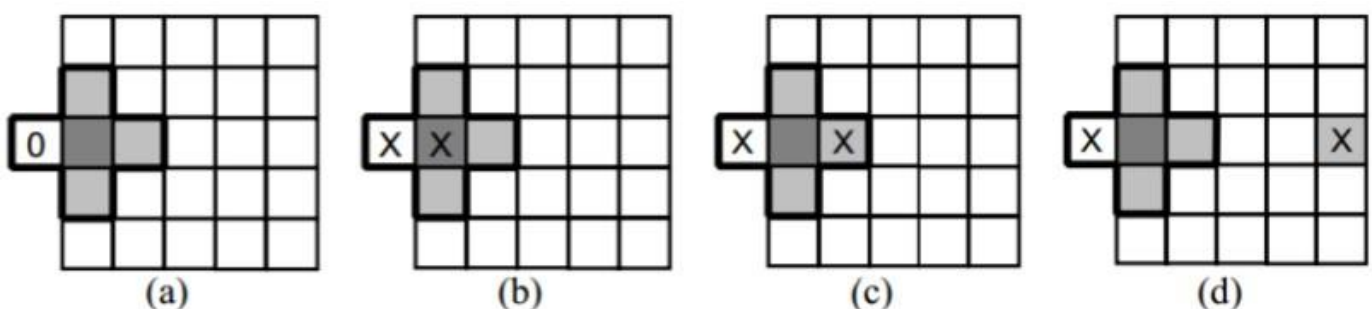


Los autómatas celulares (AC) han surgido como una solución para describir comportamientos complejos a partir de descripciones simples, razón por la cual se ha visto en ellos un sistema ideal para modelar fenómenos.



El desarrollo de autómatas celulares tiene sus inicios hacia 1943 cuando el matemático John Von Neumann, planteó la formación de vida artificial, tratando de que un robot se copiara a sí mismo. Bajo sugerencia de Stanislaw Ulam, coinventor de la bomba de hidrógeno, Von Neumann utilizó patrones, en una cuadrícula en el plano, que evolucionan según una regla de transformación fija. De esta forma, el problema de auto reproducción mecánica quedaba reducido a la búsqueda de ciertas configuraciones que, con la aplicación de la regla, dieran lugar a copias idénticas.

Las aplicaciones de los autómatas celulares son múltiples en campos como física, biología, química, matemáticas y ciencias de la computación, entre otros.



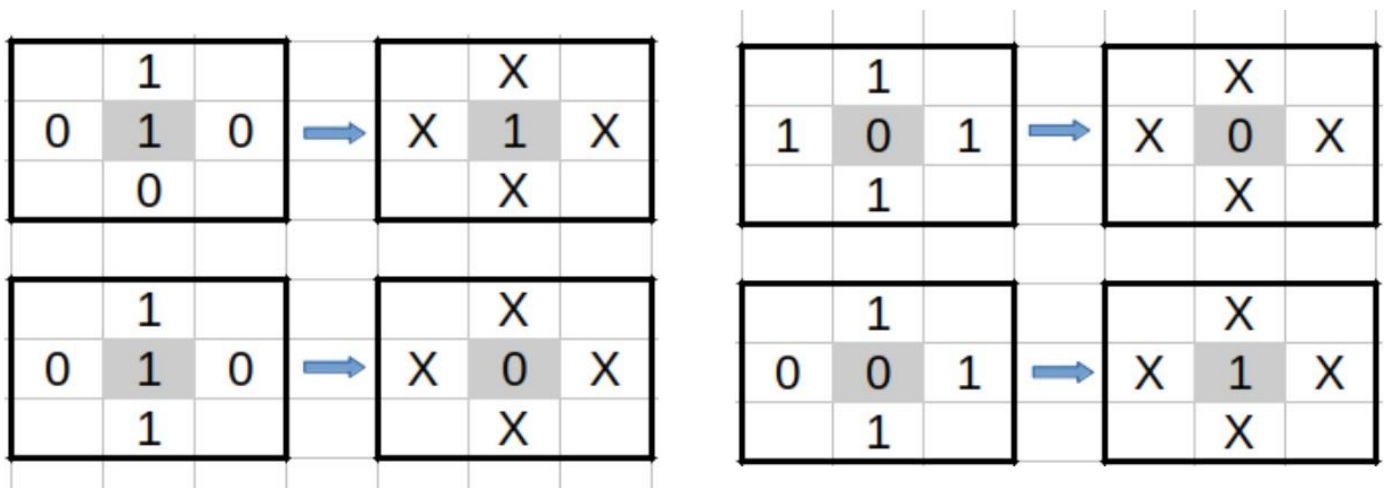
Los autómatas celulares pueden ser usados para modelar numerosos sistemas físicos que se caractericen por un gran número de componentes homogéneos y que interactúen localmente entre sí. De hecho, cualquier sistema real al que se le puedan analogar los conceptos de "vecindad", "estados de los componentes" y "función de transición" es candidato para ser modelado por un A.C.

Las características de los autómatas celulares harán que dichos modelos sean discretos en tiempo, espacio o ambos, dependiendo de la variante de la definición de AC que se use.

Algunos ejemplos de áreas en donde se utilizan los autómatas celulares son:

- Modelado del flujo de tráfico y de peatones
- Modelado de fluidos (gases o líquidos)
- Modelado de la evolución de células o virus
- Modelado de procesos de percolación (el paso lento de fluidos a través de materiales porosos)

### Sistema de transición en sistemas complejos de autómatas celulares (AC)

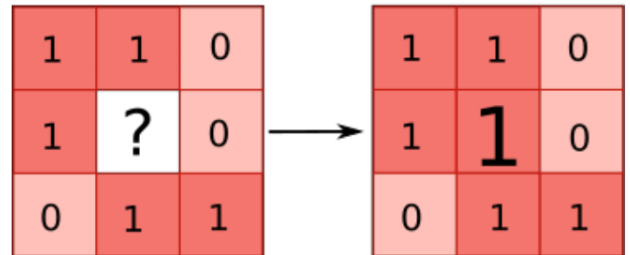
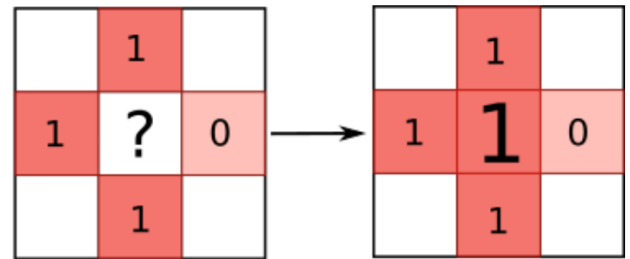


### Ejemplo de la suma de bits de un mensaje original con clave generada por AC

$M$  :  $\overbrace{01010011010001010100001101010010010001010101010001001111}^{\text{S E C R E T O}}$   
 $K$  :  $10111001100010110010011110111101011110101001000101110000$   
 $C$  :  $\underbrace{1110101011001110011001001110111100111111100010100111111}_{\text{é î d î ? A ?}}$

Los AC tienen 3 interesantes propiedades:

- Paralelismo o sincronidad. Por la que todas las células de la malla se actualizan a la vez
- Localismo. Donde el estado de una celda depende de su anterior estado y del estado anterior de todas las celdas de su vecindad
- Homogeneidad. Donde la misma regla es aplicada a todas las celdas



Su atractivo reside en su simplicidad. Y es que simplemente a través de la interacción local que se produce entre las celdas de una malla cuando se aplica una regla los AC son capaces de ofrecer un complejo comportamiento cuando todas las celdas de la malla se actualizan a la vez.

Un AC se compone de una malla de celdas, de un conjunto finito de estados, de la regla local, y de una vecindad.

- Las celdas viven en una malla. Hay muchos tipos de AC, su versión más popular son los AC de 2 dimensiones.
- Cada celda tiene solo un estado. El número y tipo de estados lo define el problema en cuestión, pero la versión más simple tendría, por ejemplo, un estado=0 cuando la celda está apagada y un estado=1 si está activa.
- Cada celda tiene una **vecindad**, es decir, un conjunto de celdas adyacentes. Para calcular la vecindad se usa un *radio*, que delimita la magnitud de la vecindad.
- La vecindad se usa para aplicar la regla local, la cual define la evolución que sigue el AC a medida que se suceden los pasos discretos (*generaciones*), y que a veces puede entenderse como tiempo. El estado de la celda “?” viene dado por el estado mayoritario de su vecindad.

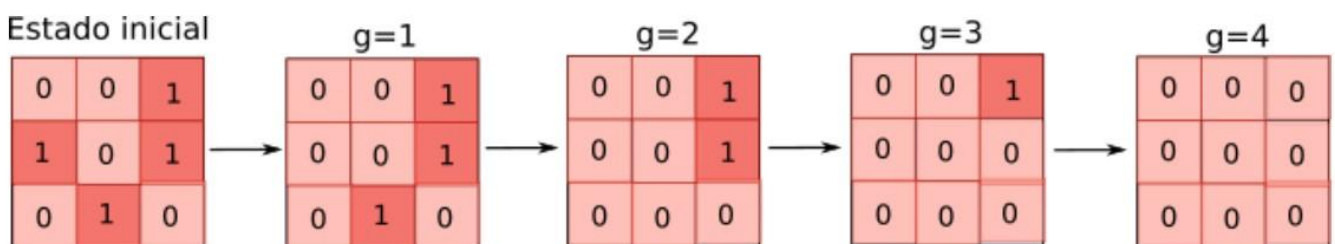


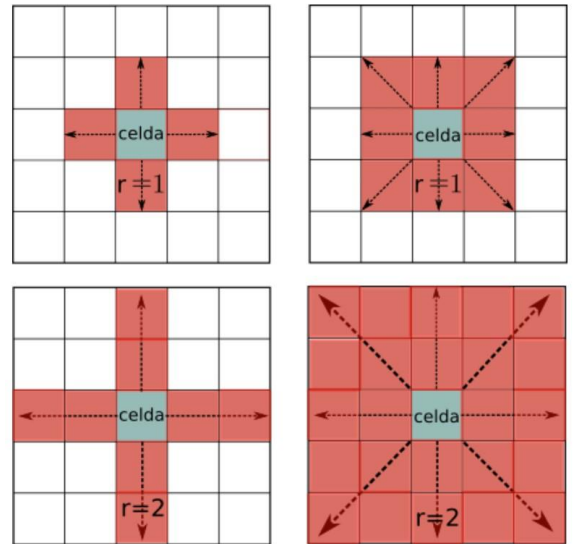
Figura 3. Evolución de un AC de 2D con vecindad Moore y radio=1 al aplicar una regla de mayoría durante 4 generaciones.

## Aplicaciones

Tradicionalmente los AC se han usado para simular sistemas biológicos y físicos.

Pero cada vez son más los problemas de la vida real que se resuelven con ellos. Los sistemas complejos y los autómatas celulares, son la base de un posible futuro control global autoorganizado desde una I.A. como colmena colectiva de desarrollo de acontecimientos, pudiendo coordinar autorreguladamente múltiples parámetros que abarcan todos los ámbitos sociales humanos.

Los AC se pueden utilizar (entre muchas otras cosas, la lista podría ser infinita):



- **Diseño de circuitos electrónicos**

La simplicidad, el paralelismo y la modulación de los AC ha llamado mucho la atención para investigadores y constructores

- **Procesamiento de imágenes**

Los AC son capaces de procesar con éxito las tareas habituales de imagen

- **Medicina y biología**

- Evolución de secuencias de ADN
- Modelado de aminoácidos
- Predicción y clasificación de enzimas
- Predicción de estructura de proteínas
- Estudio de la evolución de epidemias
- Entre muchas otras

- **Computación**

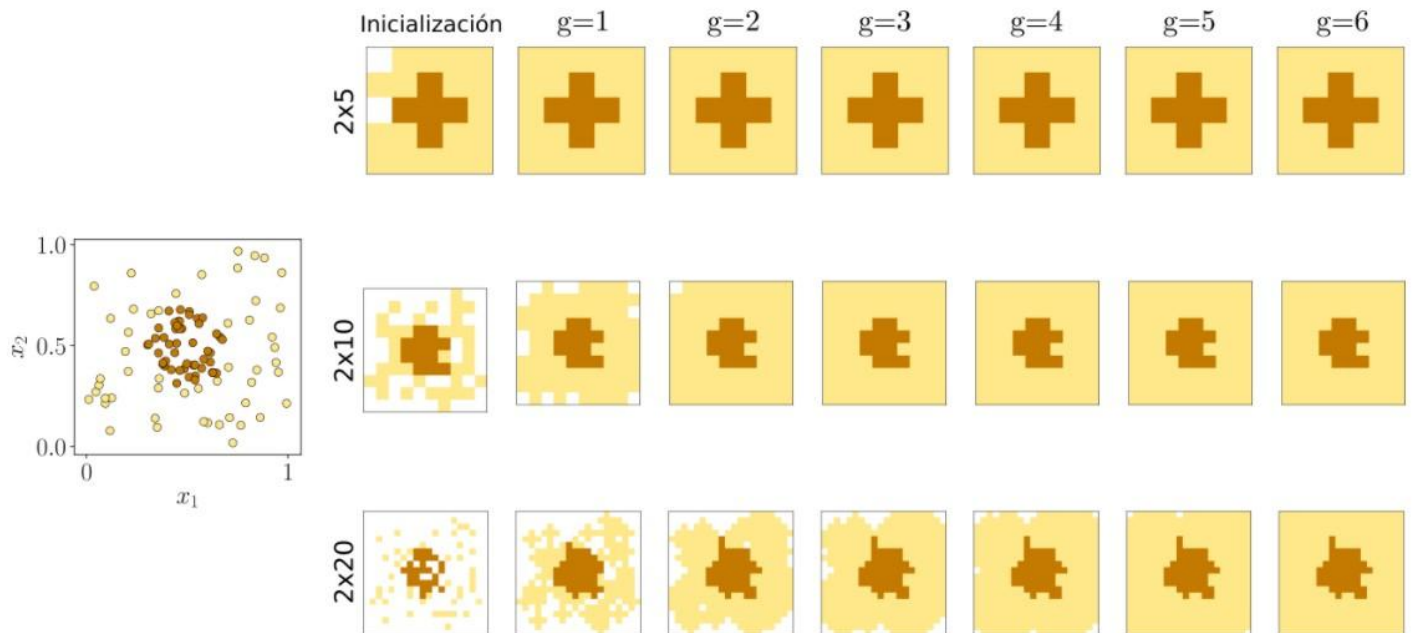
Por las limitaciones de la tecnología CMOS en circuitos integrados, se ha explorado en profundidad el uso de Quantum-dot Cellular Automata o ACQ.

- **Otros**

- Comportamientos sociales
- Expansión de un fuego
- Simulación de tráfico
- Evolución y movimientos poblacionales
- Criptografía
- Muchos otros

**El papel de los AC y los sistemas complejos, es crucial para el desarrollo de la I.A.**

Ejemplo de cómo un AC de 2D con vecindad Von Neumann y radio=1 es capaz de extraer patrones y representar fielmente la distribución de los datos con solo unas pocas instancias iniciales después de 7 generaciones.

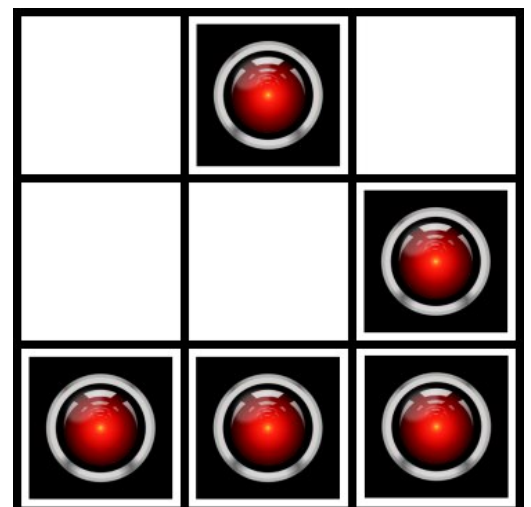


### El futuro de los AC y QCA en la Inteligencia Artificial

Han surgido en los últimos años algunos paradigmas interesantes, basados en minúsculas unidades de procesamiento interconectadas (ej: sensores, robots, dispositivos) donde la capacidad de computación en paralelo de los AC ha atraído la atención de algunos investigadores y fabricantes.

Algunos de estos paradigmas son:

- Smart Dust.** Una hipotética red inalámbrica de minúsculos sensores microelectromecánicos (MEMS), robots o dispositivos que pueden detectar señales de luz, temperatura, vibraciones, etc. Los dispositivos también se llaman motas (motes en inglés: de remote sensing) y se trabaja en disminuir su tamaño una partícula de polvo. Cada dispositivo contiene sensores, circuitos que computan, tecnología de comunicaciones sin hilos bidireccional y una fuente de alimentación. Las motas recopilarían datos, realizarían cálculos y se comunican por radio con otros en distancias que se acercan a 300 metros (1.000 pies)".



- **Utility Fog.** Una hipotética colección de minúsculos robots que juntos llevarían a cabo una determinada función. Constituirían sustancias polimorfas (capaces de cambiar de forma).
- **Swarm Robotics.** Hace referencia a la aplicación de métodos y conceptos propios de la inteligencia de enjambre (“Swarm Intelligence”) a escenarios en los que los agentes computacionales representan dispositivos robóticos, ya sean físicamente implementados o simulados. El principal foco es el de analizar cómo un enjambre compuesto por robots de una complejidad e inteligencia baja puede coordinarse de una manera colectiva para poder llevar a cabo tareas de una complejidad elevada, las cuales no podrían ser completadas por un solo robot.

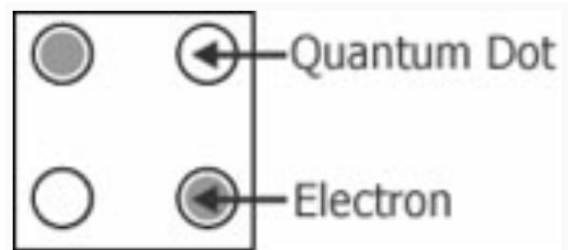
## Células autómatas de puntos cuánticos (QCA) de 4 puntos “tipo dado”

### Diseño celular

Hoy en día el diseño de celda QCA de estado sólido estándar considera que la distancia entre los puntos cuánticos es de aproximadamente 20 nm y una distancia entre las celdas de aproximadamente 60 nm. Al igual que cualquier CA, los Autómatas Celulares Quantum (-dot) se basan en reglas simples de interacción entre celdas colocadas en una cuadrícula.

Una celda QCA se construye a partir de cuatro puntos cuánticos dispuestos en un patrón cuadrado. Estos puntos cuánticos son lugares que los electrones pueden ocupar al hacer un túnel hacia ellos.

Celda QCA de 4 puntos “tipo dado”

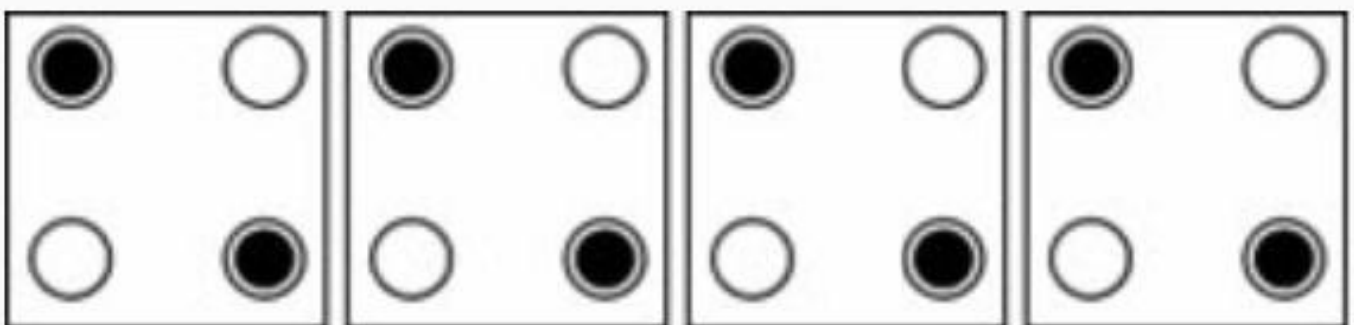


### Alambre QCA

Los arreglos de cuadrícula de las células de puntos cuánticos se comportan de manera que permiten el cálculo. La disposición práctica más simple de las celdas se obtiene colocando celdas de puntos cuánticos en serie, una al lado de la otra.

De esta manera, se puede hacer un "cable" de células de puntos cuánticos que transmite el estado de polarización. Las configuraciones de dichos cables forman un conjunto completo de puertas lógicas.

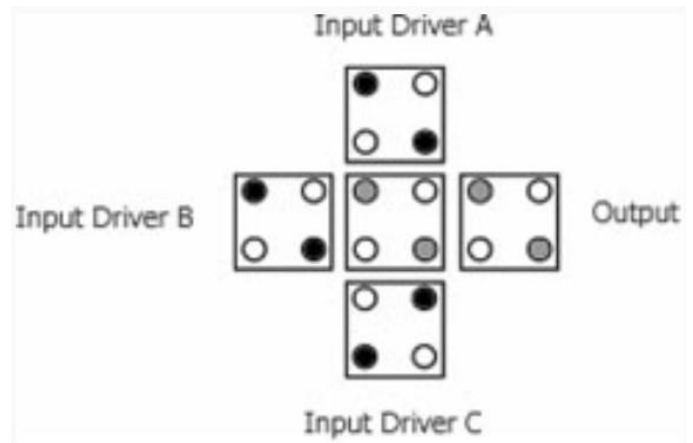
Cable de celdas de puntos cuánticos



## Puertas lógicas

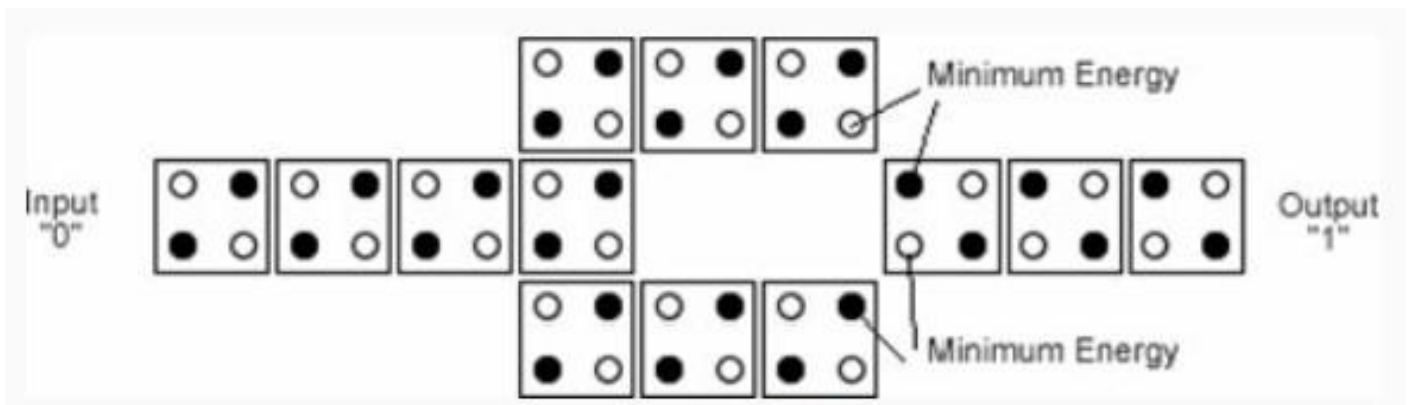
La puerta mayoritaria y la puerta del inversor (NOT) se consideran los dos bloques de construcción más fundamentales de QCA.

La siguiente figura muestra una puerta mayoritaria con tres entradas y una salida. En esta estructura, el efecto del campo eléctrico de cada entrada en la salida es idéntico y aditivo, con el resultado de que cualquier estado de entrada ("0 binario" o "1 binario") en la mayoría se convierte en el estado de la celda de salida.



Otros tipos de puertas son las puertas Y y O, que se pueden construir utilizando una puerta mayoritaria con polarización fija en una de sus entradas. Una puerta NOT es fundamentalmente diferente de la puerta mayoritaria. La clave de este diseño es que la entrada está dividida y ambas entradas resultantes inciden oblicuamente en la salida.

Implementación estándar de una puerta NOT en alambres de celdas QCA



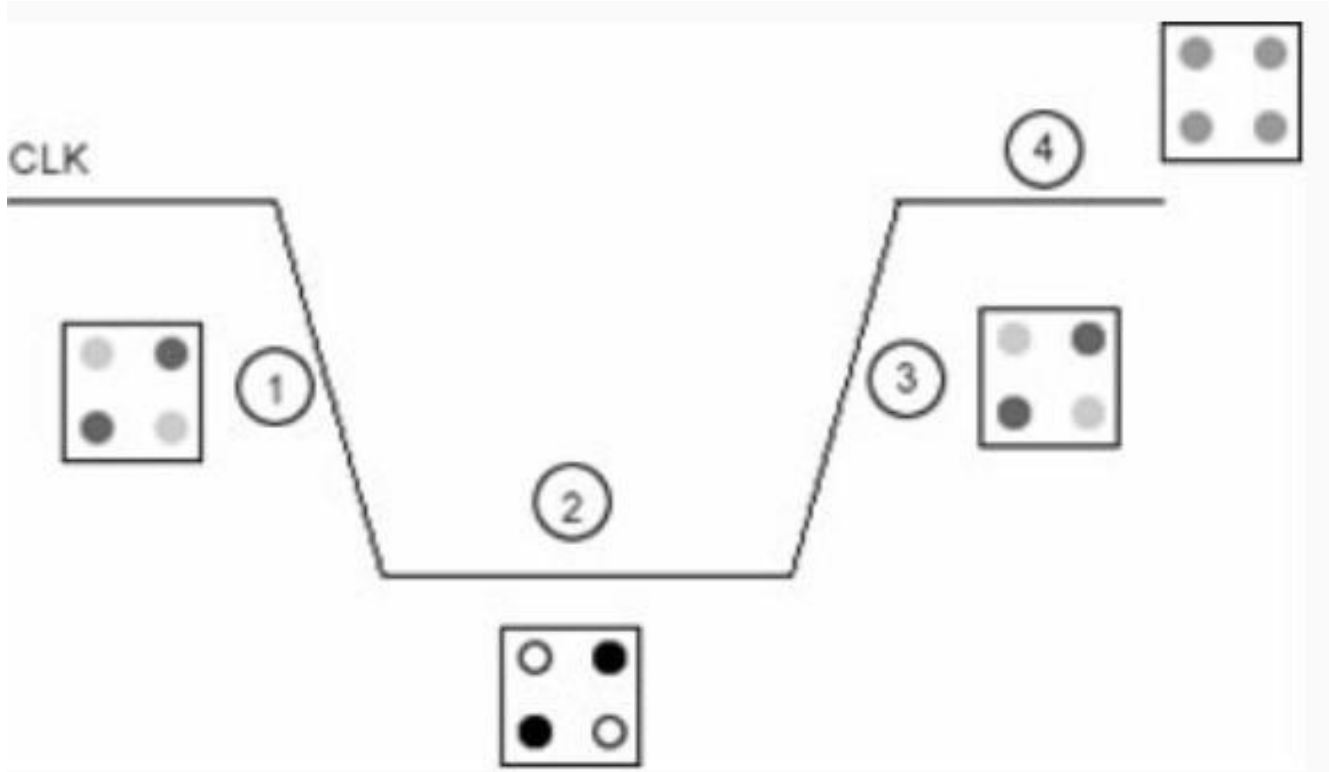
## Transición de estado

Existe una conexión entre las células de puntos cuánticos y los autómatas celulares. Las celdas solo pueden estar en uno de 2 estados y el cambio de estado condicional en una celda lo dicta el estado de sus vecinos adyacentes. Los relojes de un sistema QCA tienen dos propósitos: encender el autómata y controlar la dirección del flujo de datos.

## Reloj QCA de 4 etapas

Un reloj QCA induce cuatro etapas en las barreras de túnel de las celdas por encima de él. Un diseño típico de QCA requiere cuatro relojes, cada uno de los cuales está desfasado cíclicamente 90 grados con el reloj anterior. Si un cable horizontal consistiera en, digamos, 8 celdas y cada par consecutivo, comenzando desde la izquierda, se conectarán a cada reloj consecutivo, los datos fluirían naturalmente de izquierda a derecha. El primer par de celdas permanecerá bloqueado hasta que el segundo par de celdas se bloquee y así sucesivamente. De esta manera, la dirección del flujo de datos se puede controlar a través de zonas de reloj.

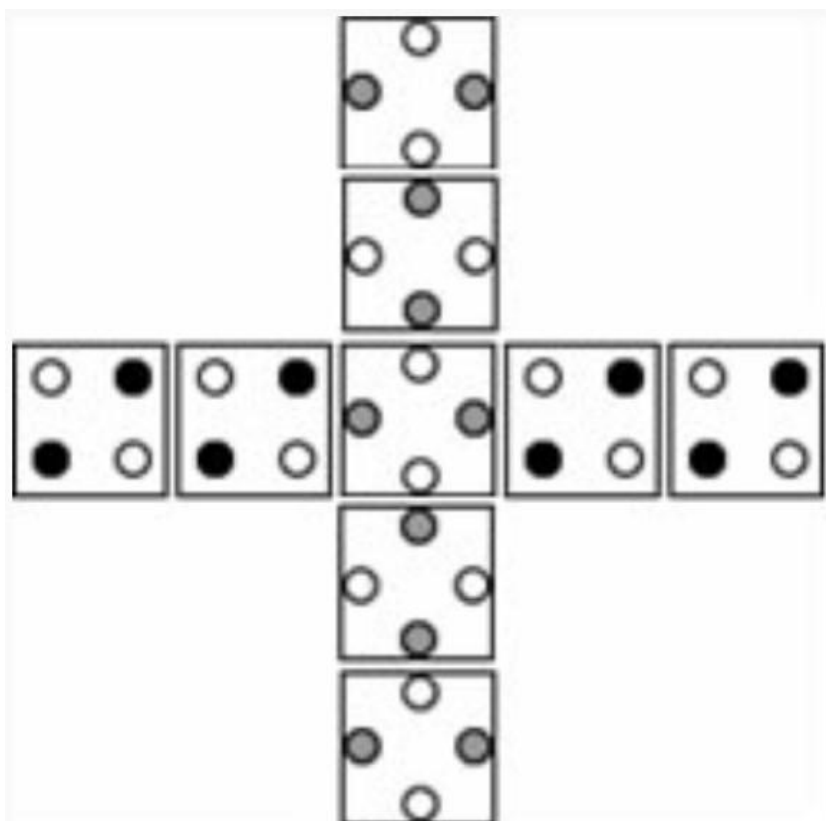
## Etapas de un reloj QCA



### Cruce de cables

El cruce de cables en las celdas QCA se puede realizar utilizando dos orientaciones de puntos cuánticos diferentes (una a 45 grados con respecto a la otra, como en forma de cruz o +) y permitiendo que un cable (alambre de QCA) compuesto de un tipo, pase perpendicularmente "a través" de un cable del otro tipo, entrecruzándose.

### Técnica básica de cruce de cables en celdas QCA cuatro punteado "tipo dado"





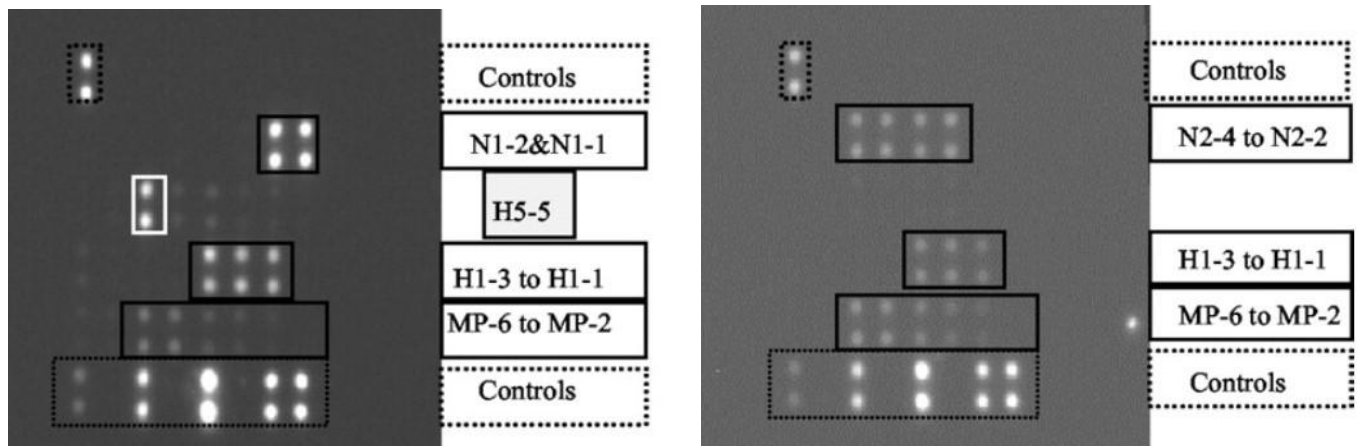
## Biochips de ADN para análisis PCR de virus de la influenza

Los chips de ADN son biochips microfluídicos sensores analíticos para análisis de moléculas de ADN y ARN con técnica PCR. Son sistemas de ensayo moleculares miniaturizados que son capaces de realizar miles de análisis simultáneamente.

Las aplicaciones inmediatas abarcan en una amplia gama de campos, incluido el control de la expresión génica, la evaluación de la función génica, la secuenciación de genes, la evaluación de fármacos y la detección de bacterianos o virales.

El biochip, llamado Flow-Thru Chip; MetriGenix, es capaz de detectar los virus de la influenza.

### Sistema de celda cuatro punteado “tipo dado”



## Red de barras transversales

Existe una técnica diferente de cruce de cables, que hace que la fabricación de dispositivos QCA sea más práctica. La técnica introduce el concepto de implementar dispositivos QCA capaces de realizar cálculos en función de la sincronización.

**Esto implica la capacidad de modificar la función del dispositivo a través del sistema de reloj sin realizar ningún cambio físico en el dispositivo.**

Por lo tanto, los posibles problemas de fabricación se abordan completamente mediante el uso de solo un tipo de patrón de puntos cuánticos y mediante la capacidad de hacer un bloque de construcción QCA universal de complejidad adecuada, cuya función está determinada sólo por su mecanismo de tiempo (es decir, sus relojes).

## Fabricación

Hay cuatro clases diferentes de implementaciones de QCA:

- **Islas de metal**

La implementación de la isla de metal fue la primera tecnología de fabricación creada sobre el concepto de QCA. El método consiste en construir puntos cuánticos utilizando islas de metal, como aluminio. Los sistemas se implementaron con islas de metal de hasta 1 micra de dimensión. **Los dispositivos de islas de metal tuvieron que mantenerse a temperaturas extremadamente bajas.**

- **Semiconductores**

Las implementaciones de QCA de semiconductores (o estado sólido) podrían potencialmente usarse para implementar dispositivos QCA con los mismos procesos de fabricación de semiconductores altamente avanzados que se usan para implementar dispositivos CMOS. Para dispositivos de menos de 20 nanómetros la implementación de estado sólido de QCA es alcanzable con métodos litográficos.

**Cristal Covid**



**Grabado de patrón con fotolitografía de haz de iones**



- **Molecular**

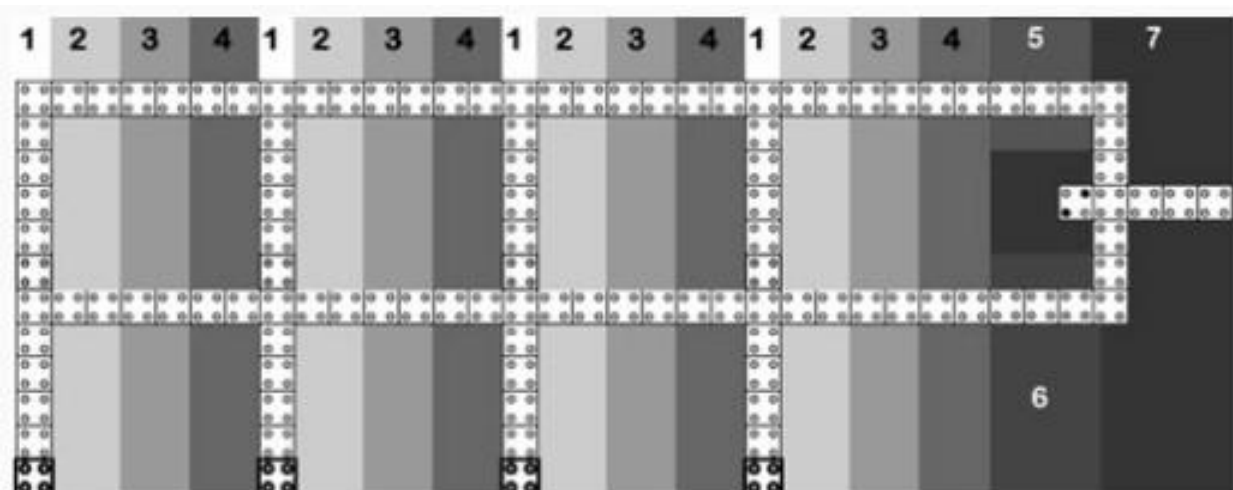
El método molecular consiste en construir dispositivos QCA a partir de moléculas individuales. Las ventajas esperadas de un método de este tipo incluyen:

- Estructura de celda QCA altamente simétricas
- Velocidades de conmutación muy altas
- Densidad de dispositivos extremadamente alta
- Funcionamiento a temperatura ambiente
- La posibilidad de producir dispositivos en masa mediante el autoensamblaje

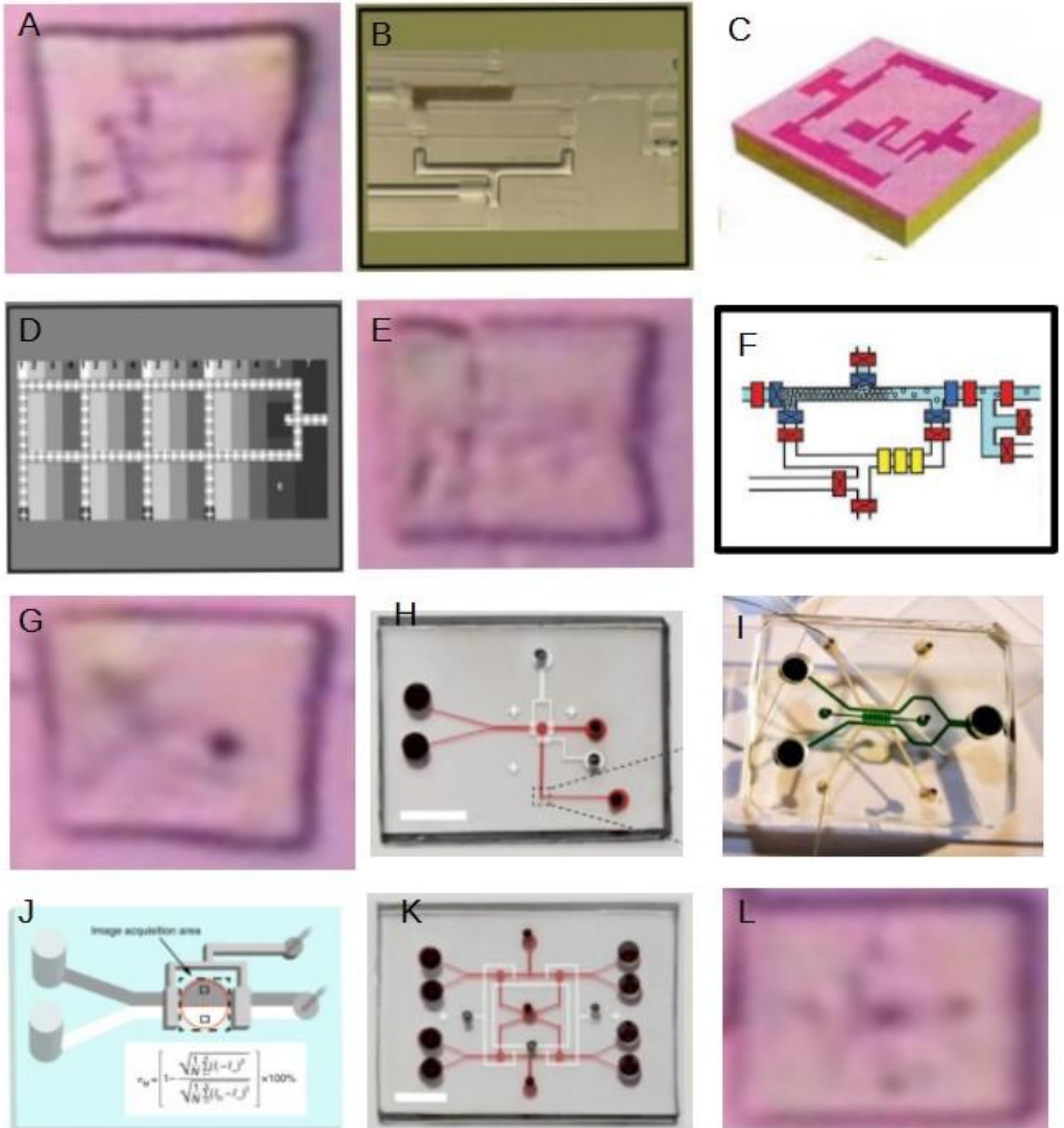
- **Magnético**

La QCA magnética, comúnmente conocida como MQCA (o QCA: M), se basa en la interacción entre nanopartículas magnéticas. En MQCA, el término "cuántico" se refiere a la naturaleza mecánica cuántica de las interacciones de intercambio magnético y no a los efectos de túnel de electrones. Los dispositivos construidos de esta manera pueden funcionar a temperatura ambiente.

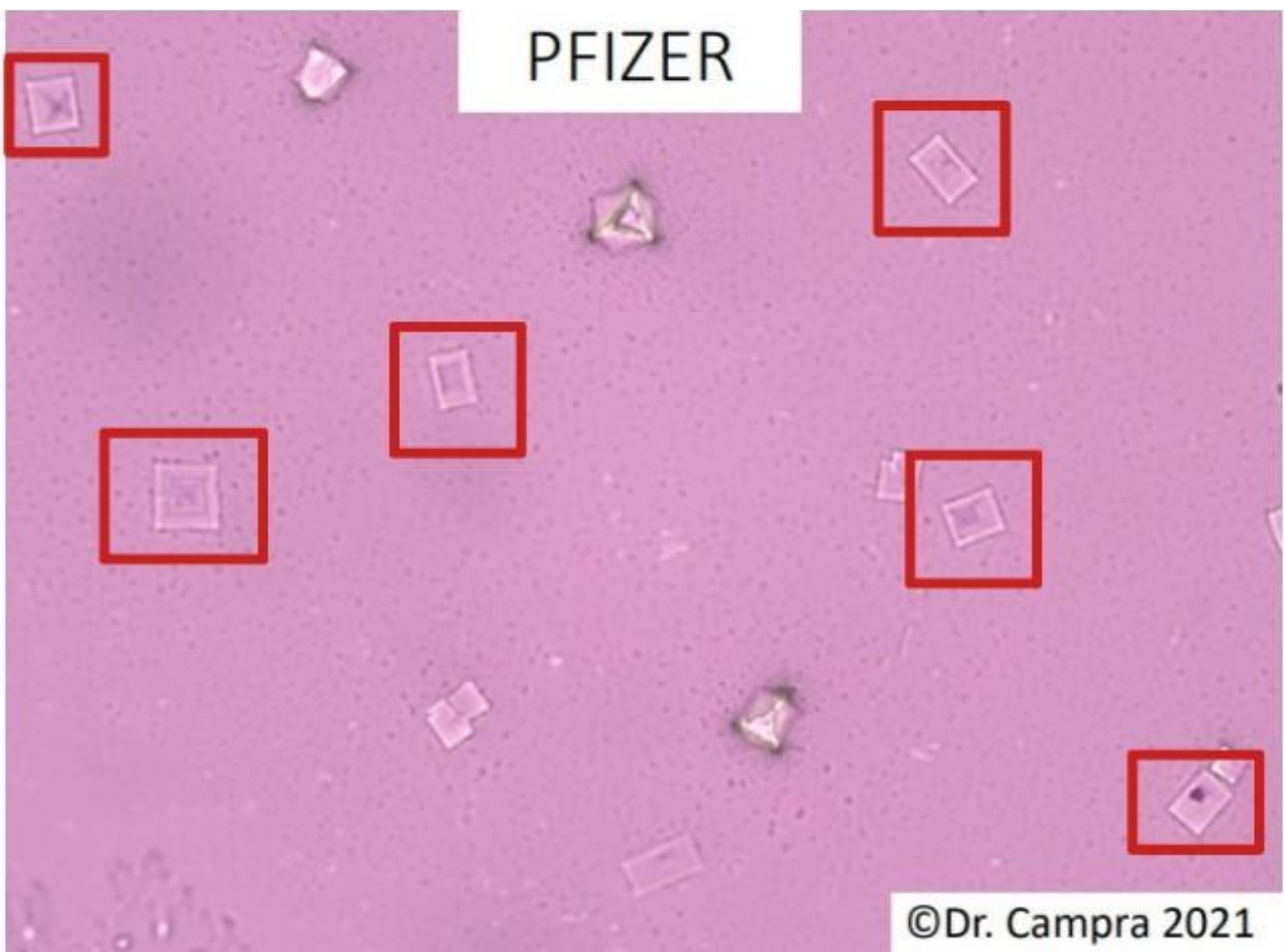
**Dispositivo QCA multifunción**



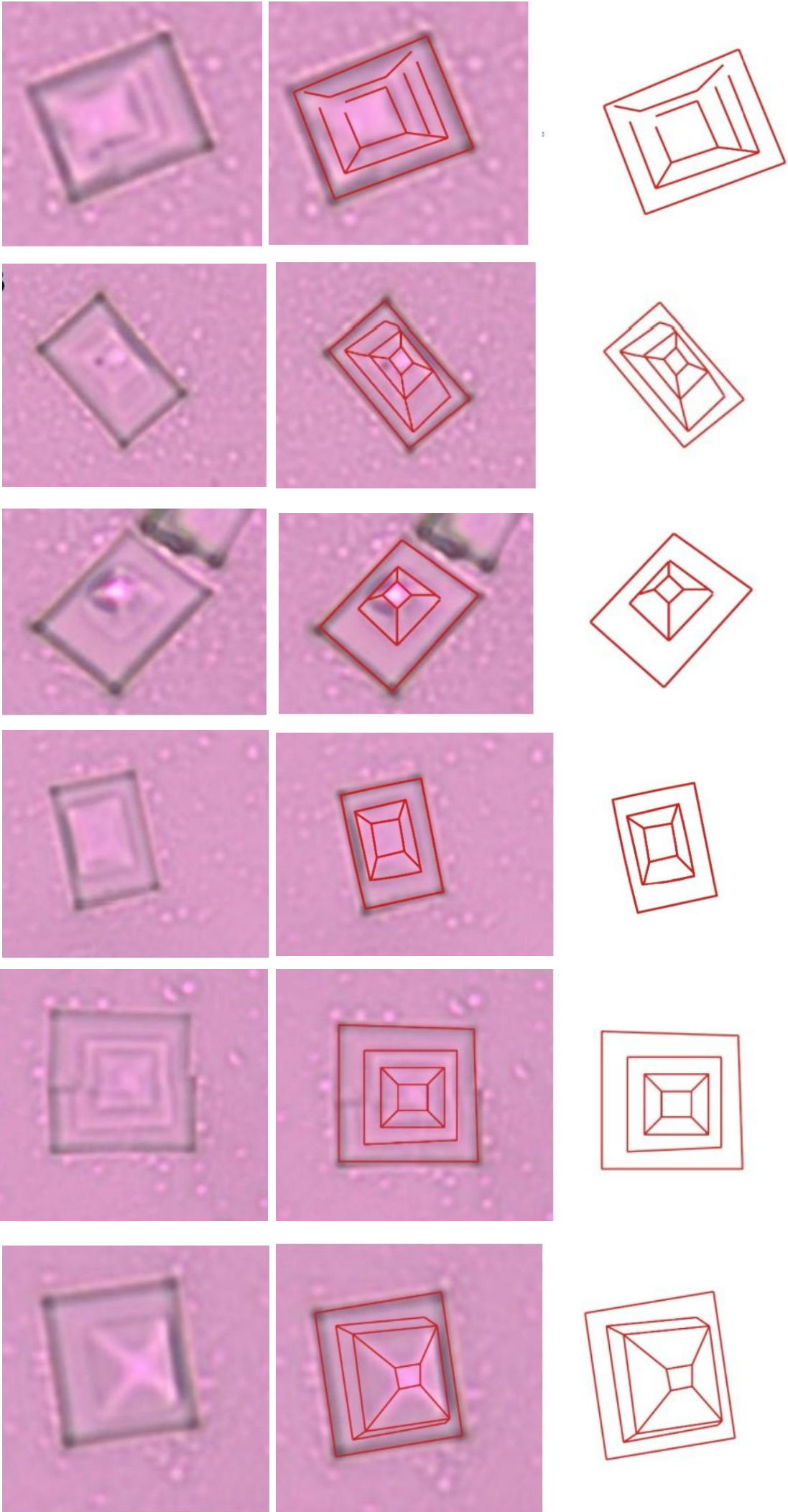
**Cristales Covid (fondo rosa) y diferentes tipos de grabado de microcircuitería canalítica para enrutamiento de gota en biochips microfluídicos**



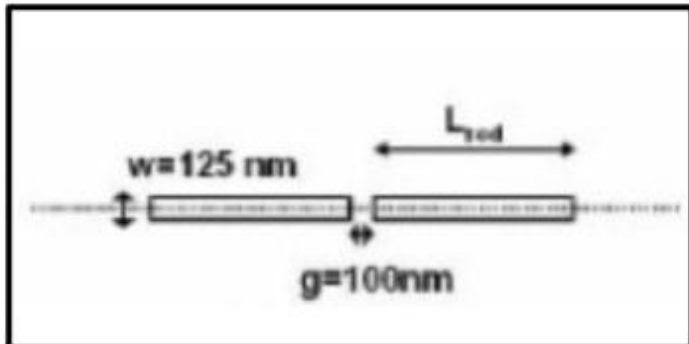
- **A, E, G, L.** Cristales vacuna Covid.
- **B, F.** Sistema de microcanales de un biochip microfluídico polimérico PDMS realizado en fotolitografía multi-capa usado en terapias génicas de administración de radiofármacos (entrega de ARN, proteínas, etc.)
- **C.** Patrón de microcircuitería canalítica grabado en dispositivo mediante fotolitografía de haz de iones, utilizado en múltiples y variadas aplicaciones relacionadas con las telecomunicaciones y las aplicaciones médico-biológicas.
- **D.** Patrón de grabado de puntos cuánticos en un dispositivo biochip microfluídico *Quantum-dot Cellular Automata* o *ACQ* (Células Autónomas de Puntos Cuánticos) para todo tipo de análisis de reacciones químicas y biofluidos.
- **H, J, K.** Biochip microfluídico polimérico PDMS de nanocadenas magnéticas autoensambladas con microcanalítica en forma de Y, y forma de Ys múltiples. Dispositivos usados para análisis de múltiples reacciones químicas orgánicas.
- **I.** Biochip microfluídico polimérico con microcanalítica en formas zigzag (Y, W, X, X, N, etc). utilizado para terapias génicas oncológicas con aplicación de campos eléctricos.



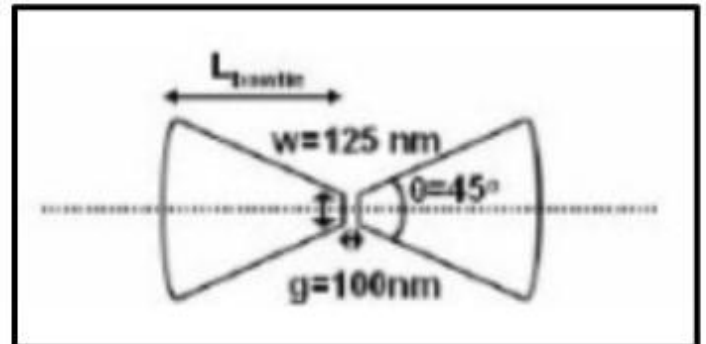
Observemos los siguientes cristales Covid. Se puede apreciar forma de “marcos de fotos”, “ventanas dentro de ventanas”, forma de X, pirámides, o pajaritas, “triángulos pegados por la puntas” la cual se percibe como pequeño punto o cuadrado.



## Antena Láser de Cascada Cuántica plasmónica

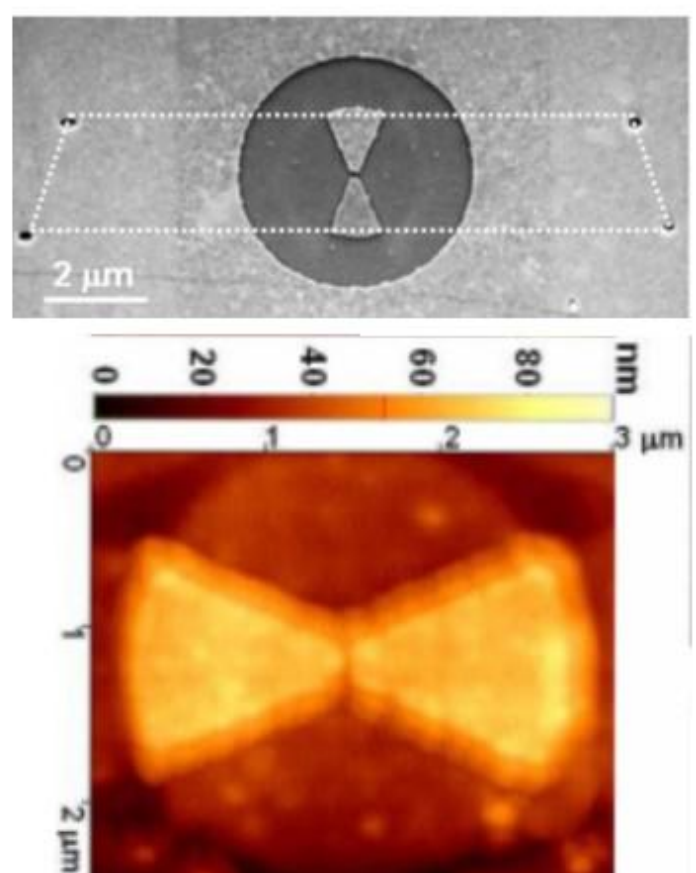
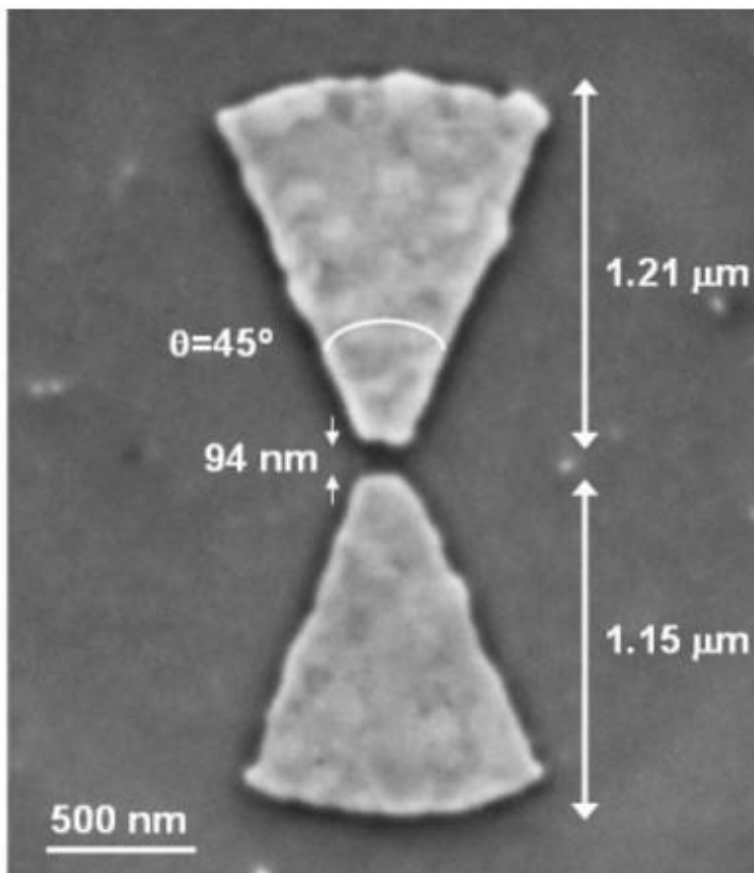


Esquema antena nano-varilla

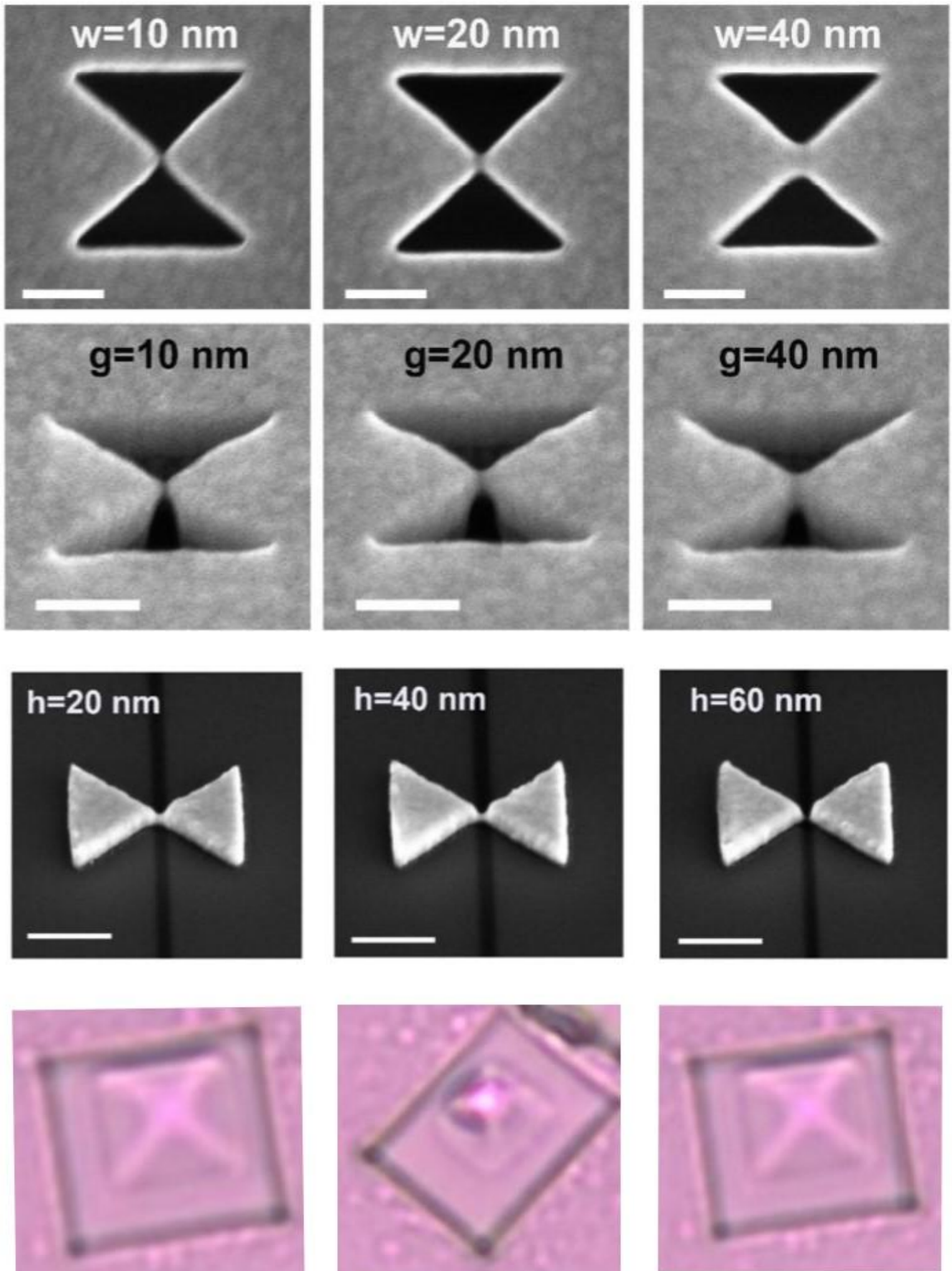


Esquema antena de pajarita

Las nanoantenas de banda ancha juegan un papel potencial en el campo nanofotónico. Recientemente, las nanoantenas ópticas plasmónicas fabricadas con nuevas nanopartículas metálicas (MNP) han generado un gran interés de investigación debido a su capacidad para localizar y mejorar dramáticamente los campos electromagnéticos en la superficie de las MNP y han atraído mucha atención para aplicaciones de campo cercano en biodetección, espectroscopia, nanolitografía, y biodetección.

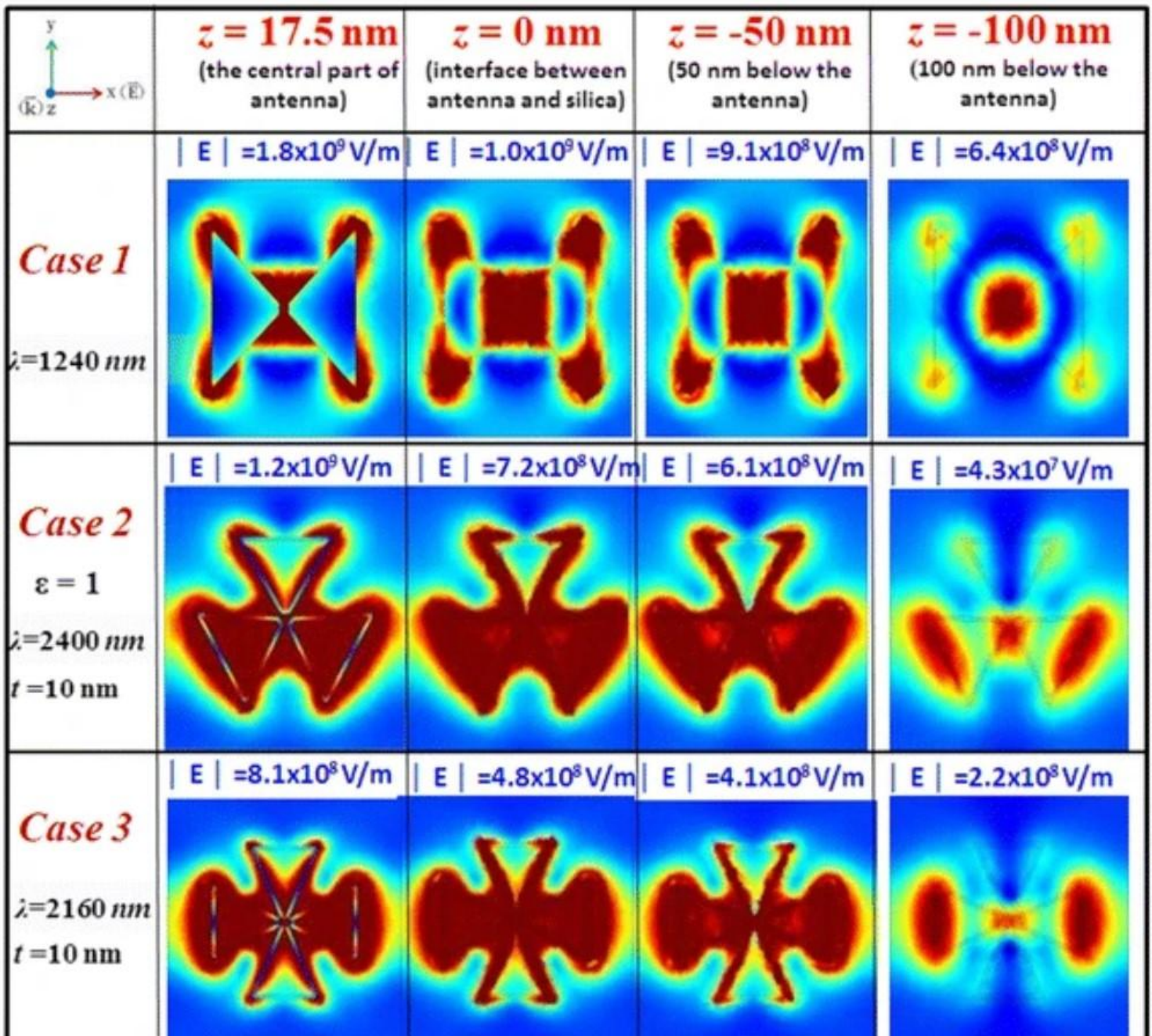


**Antena de apertura tipo pajarita con puente para producir un punto caliente electromagnético**



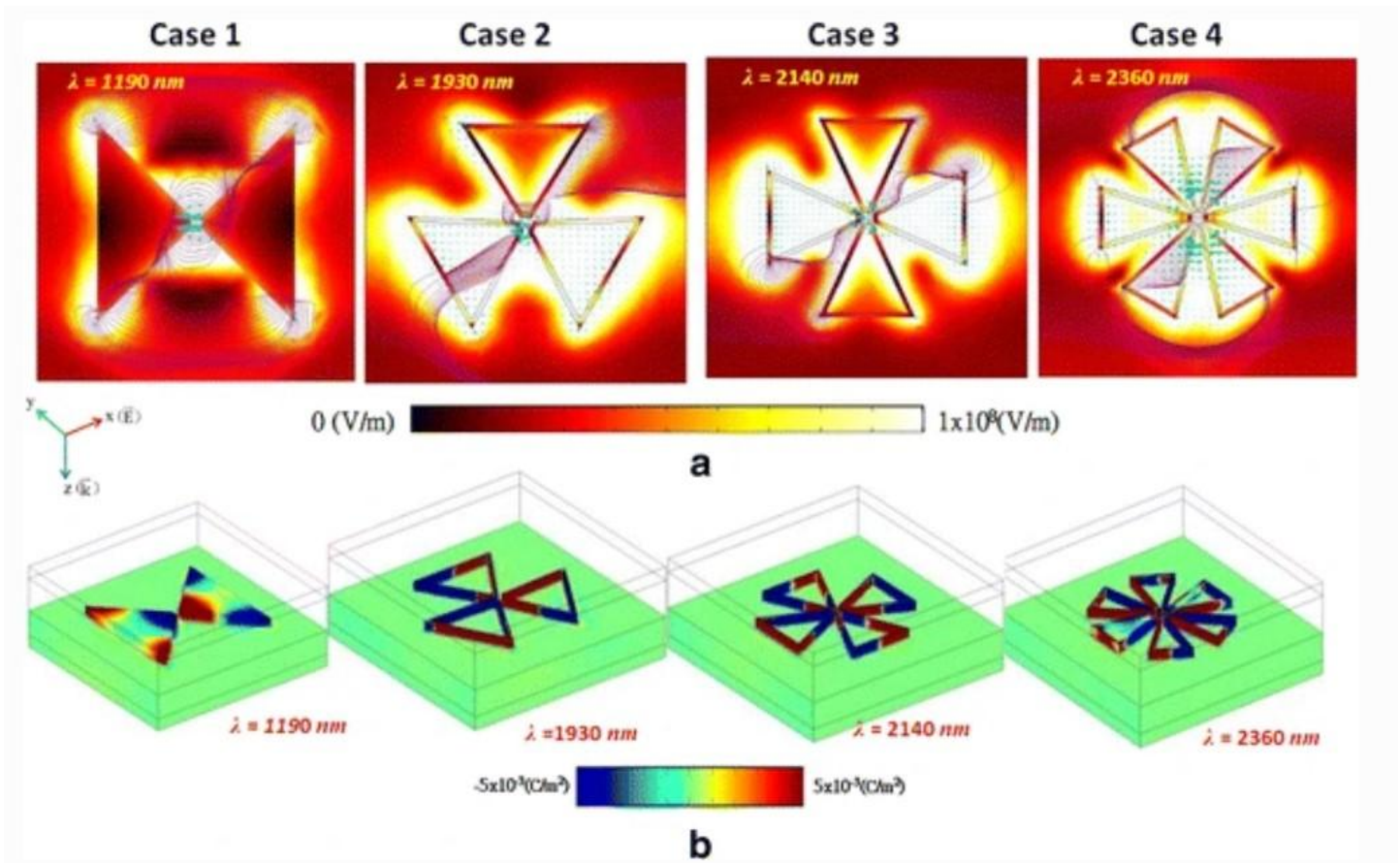
## Actuaciones ópticas ajustables en una matriz periódica de nanoantenas de pajarita plasmónica con cavidades huecas

Entre estas nanoantenas ópticas tradicionales, las nanoantenas plasmónicas bowtie (PBNA) puede convertir eficientemente la luz del espacio libre en una escala de sublongitud de onda con la mejora del campo local a la frecuencia óptica en el pequeño espacio de aire entre sus dos MNP triangulares. Los PBNA generalmente están diseñados para inducir campos electromagnéticos locales altos entre el espacio, que se utilizará en aplicaciones de detección.

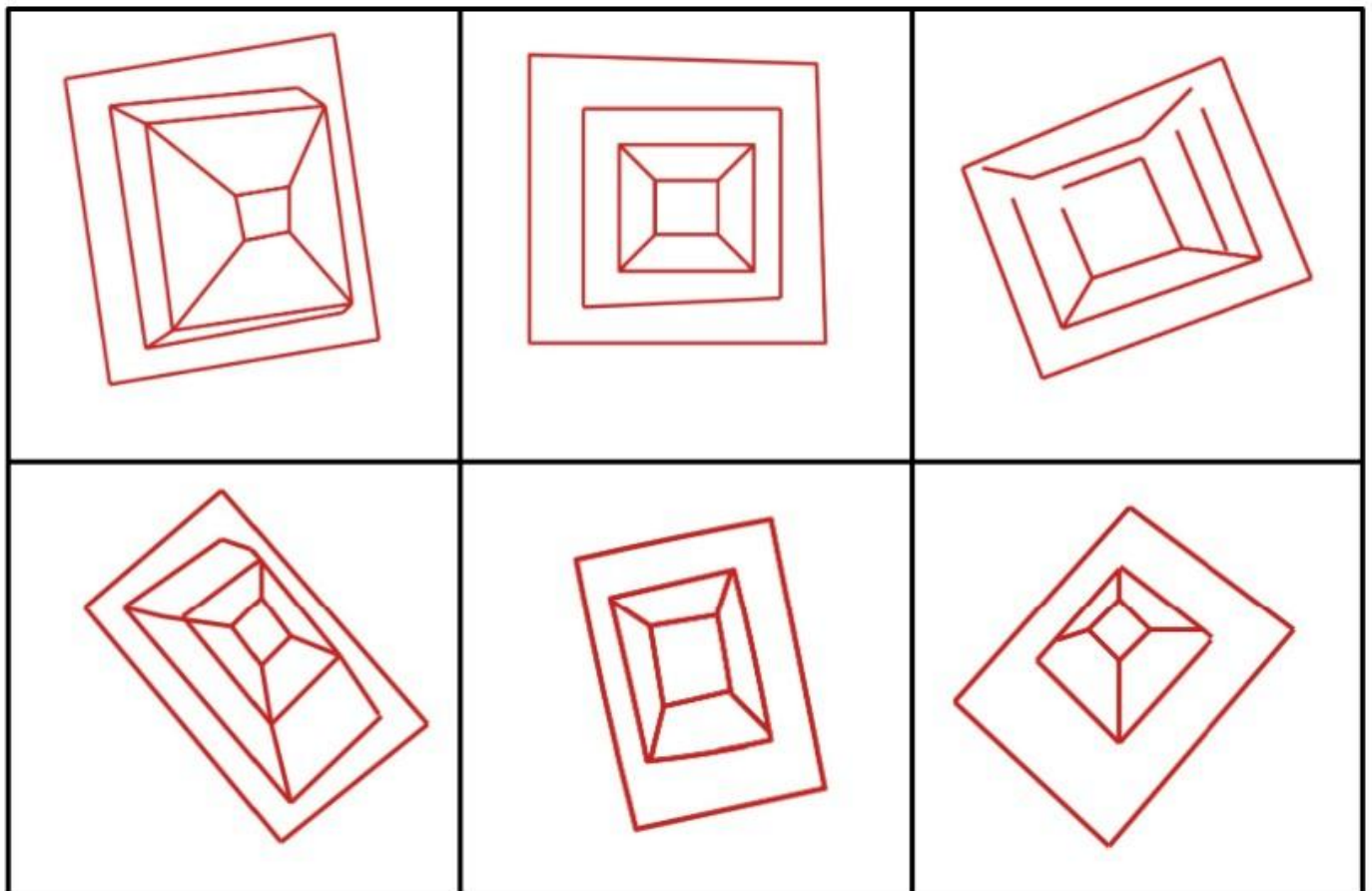




**Proceso de fabricación de la microestructura laminar de un biochip nanoantena plasmónica de pajarita utilizable en aplicaciones de biosensores**

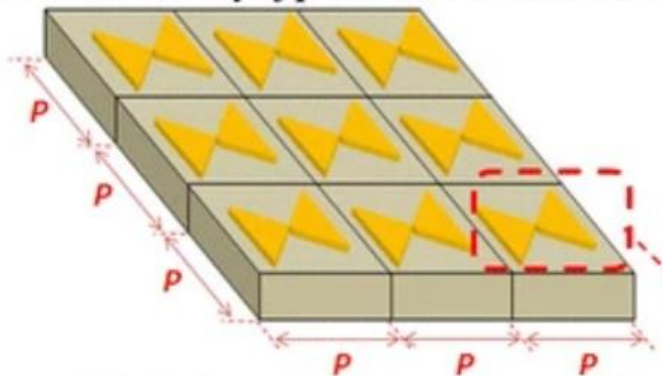


**Esquema de cuadros Cristales Covid**



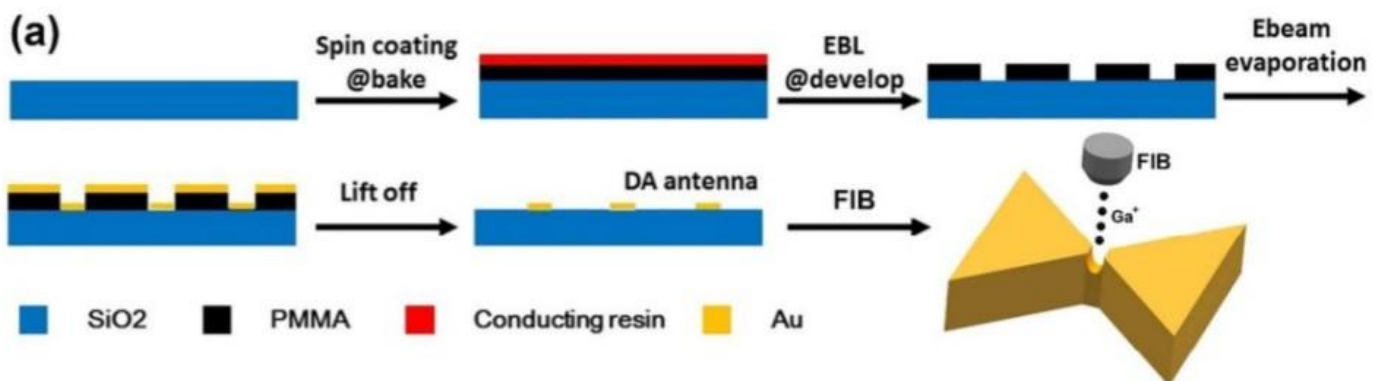
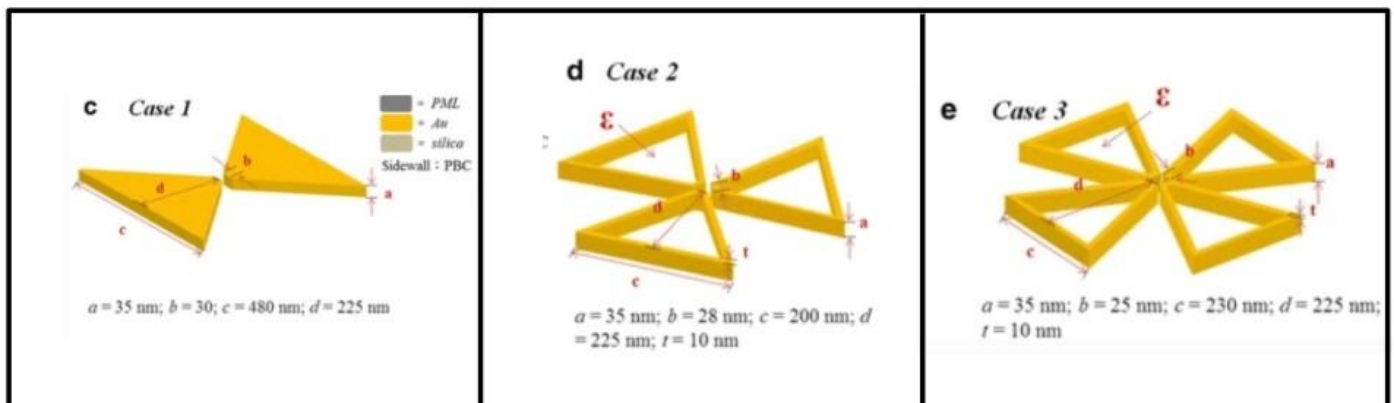
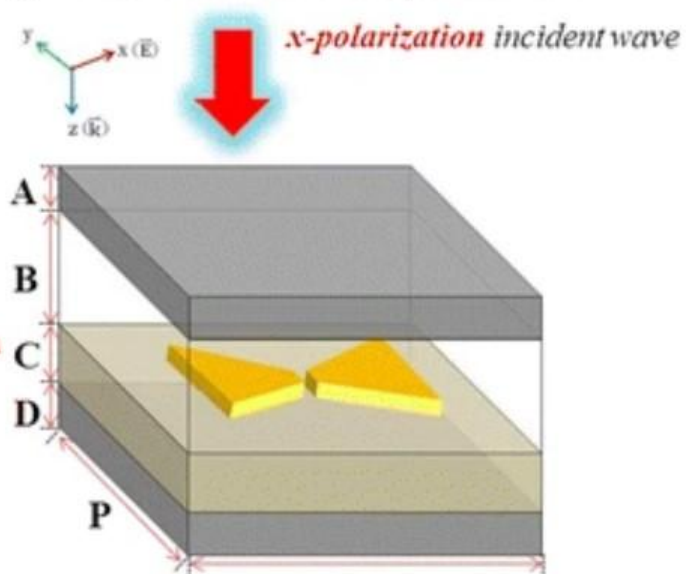
## Unidades celulares en un array de nanoantenas plasmónicas

**a** Period array of plasmonic nanoantenna



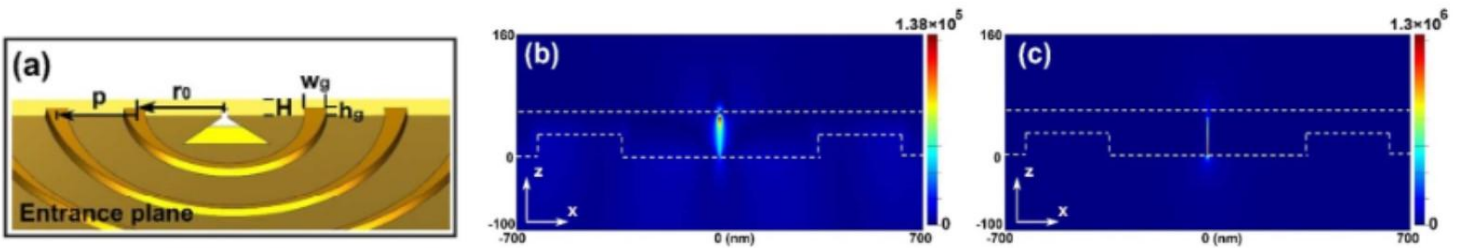
A,D (perfect matched layer, PML) = 200nm  
 B (air region) = 3000 nm  
 C (silicon substrate,  $\epsilon = 1.5$ ) = 100 nm  
 P (period) = 775 nm  
 PBC: Period Boundary Condition

**b** Simulation domain of a unit cell



(Obsérvese la forma de "muro de castillo" en el proceso de fabricación)

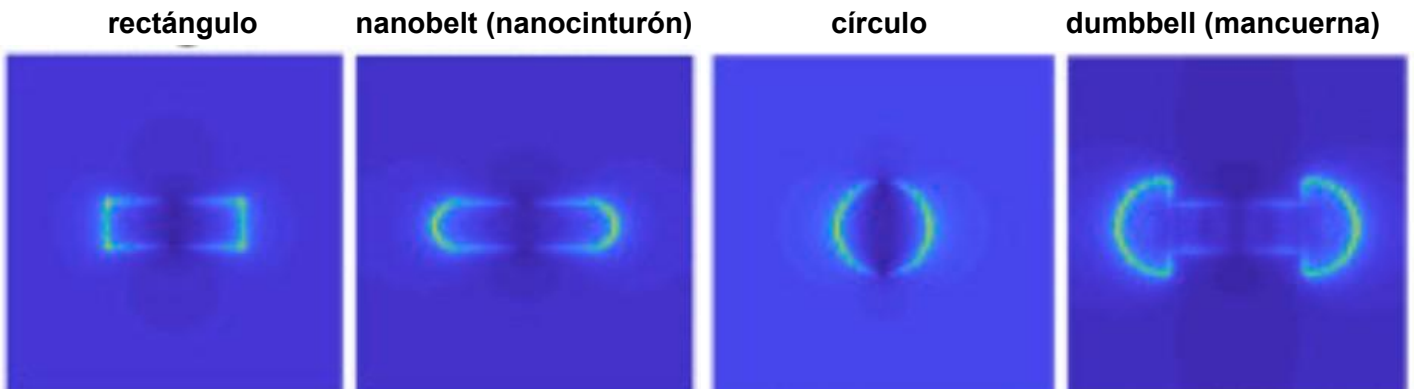
Punto caliente electromagnético producido en un dispositivo biosensor nanoantena plasmónica de tipo pajarita de Láser de Cascada Quántica - QCL - Bowtie. Obsérvese la forma esquemática de “muro de castillo”.



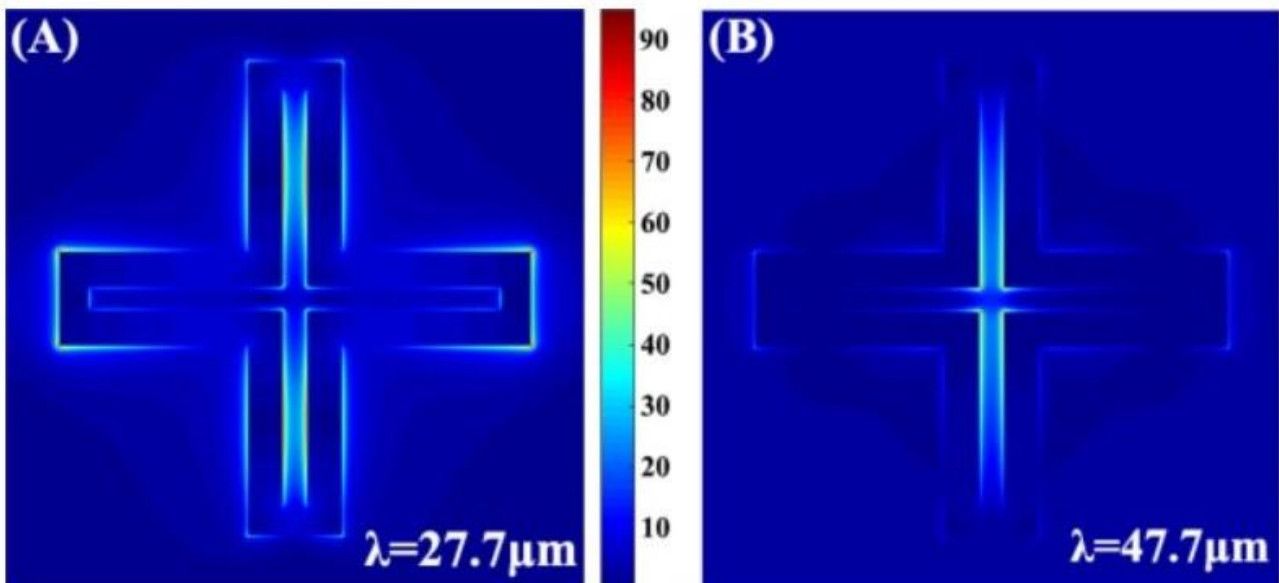
### Formas de absorción plasmónica en materiales de grafeno

Se ha propuesto un modelo en las bandas de infrarrojo lejano y terahercios (THz) con matrices de grafeno en forma de mancuerna con una combinación de nanocinturones de grafeno y dos cabezas suspendidas en semiesferas. La investigación detalla cómo mejorar el campo eléctrico localizado y la absorción en las matrices de grafeno en forma de mancuerna. **Los resultados de la simulación muestran que las características de absorción se pueden cambiar cambiando los parámetros geométricos de la estructura y el nivel de grafeno.**

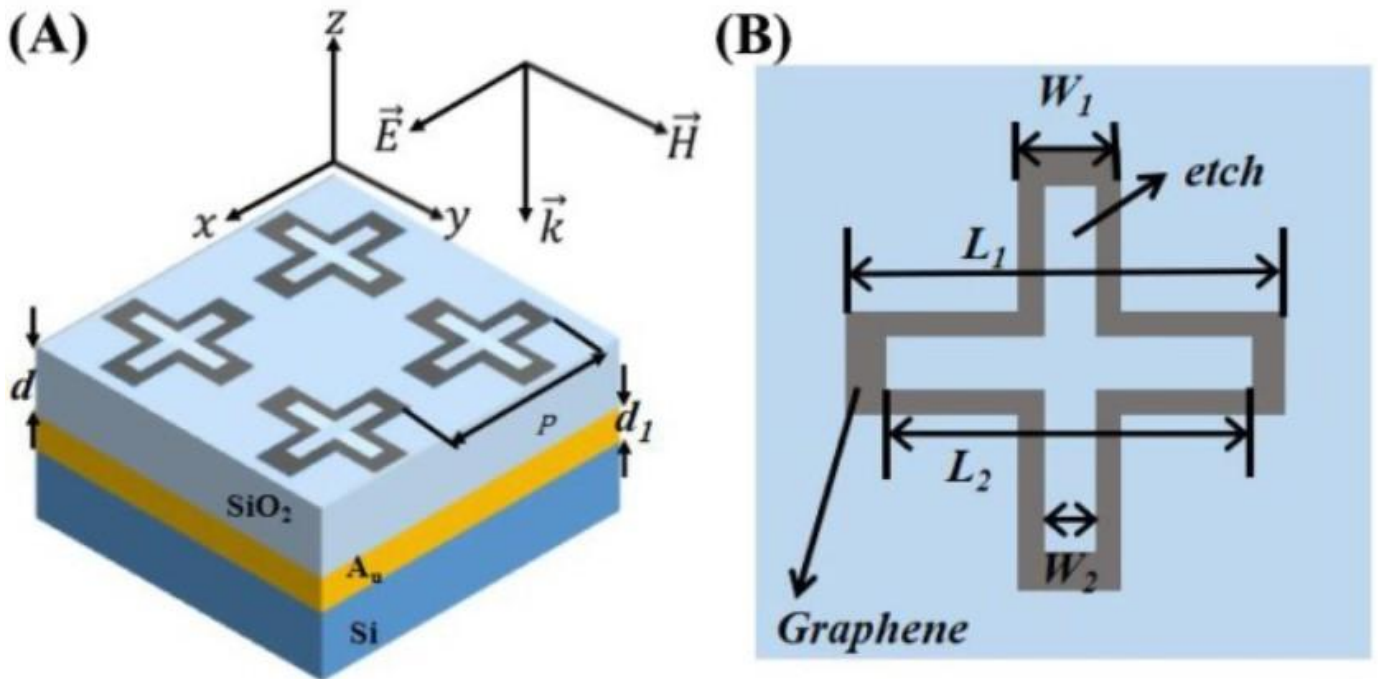
El dispositivo sirve -entre otras cosas- para detección biomédica y análisis biológico.



### Dispositivo biosensor biológico de absorción plasmónica sintonizable en matrices de grafeno monocapa cruzadas periódicamente (forma de +)



El dispositivo proporciona un diseño novedoso para un absorbedor de THz perfecto multibanda sintonizable basado en grafeno, que se puede aplicar a fotodetectores, dispositivos optoelectrónicos, y biosensores químicos.



### Dispositivo biochip microfluídico plasmónico en forma de cruz recta +

Se ha desarrollado (2006) una tecnología que podría simplificar y facilitar el funcionamiento de los biochips, **lo que permitiría su comercialización masiva.**

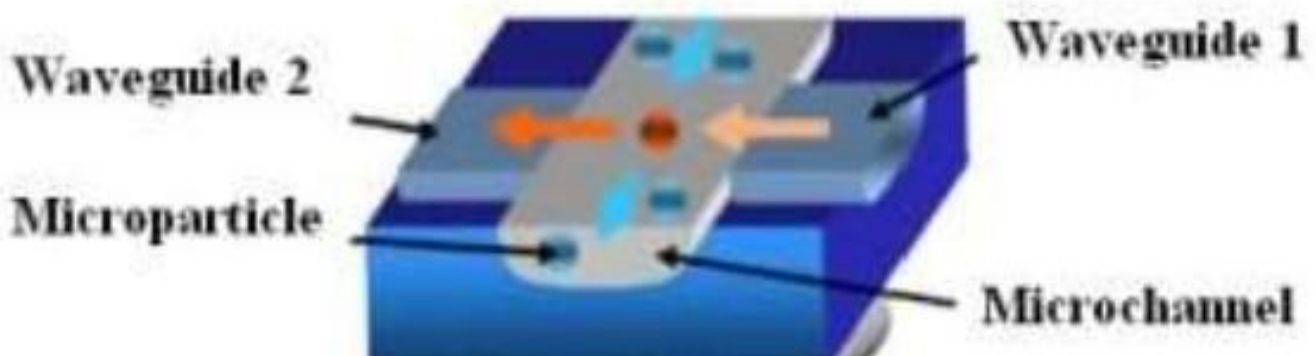
Los biochips, o microlaboratorios, están formados por numerosos microcanales capaces de ensayar varias muestras simultáneamente con gran precisión y rapidez utilizando menos de una gota del material que se está probando.

La técnica está cambiando el modo de diagnóstico clínico utilizado hasta ahora, facilitando los análisis, y reduciendo costes.



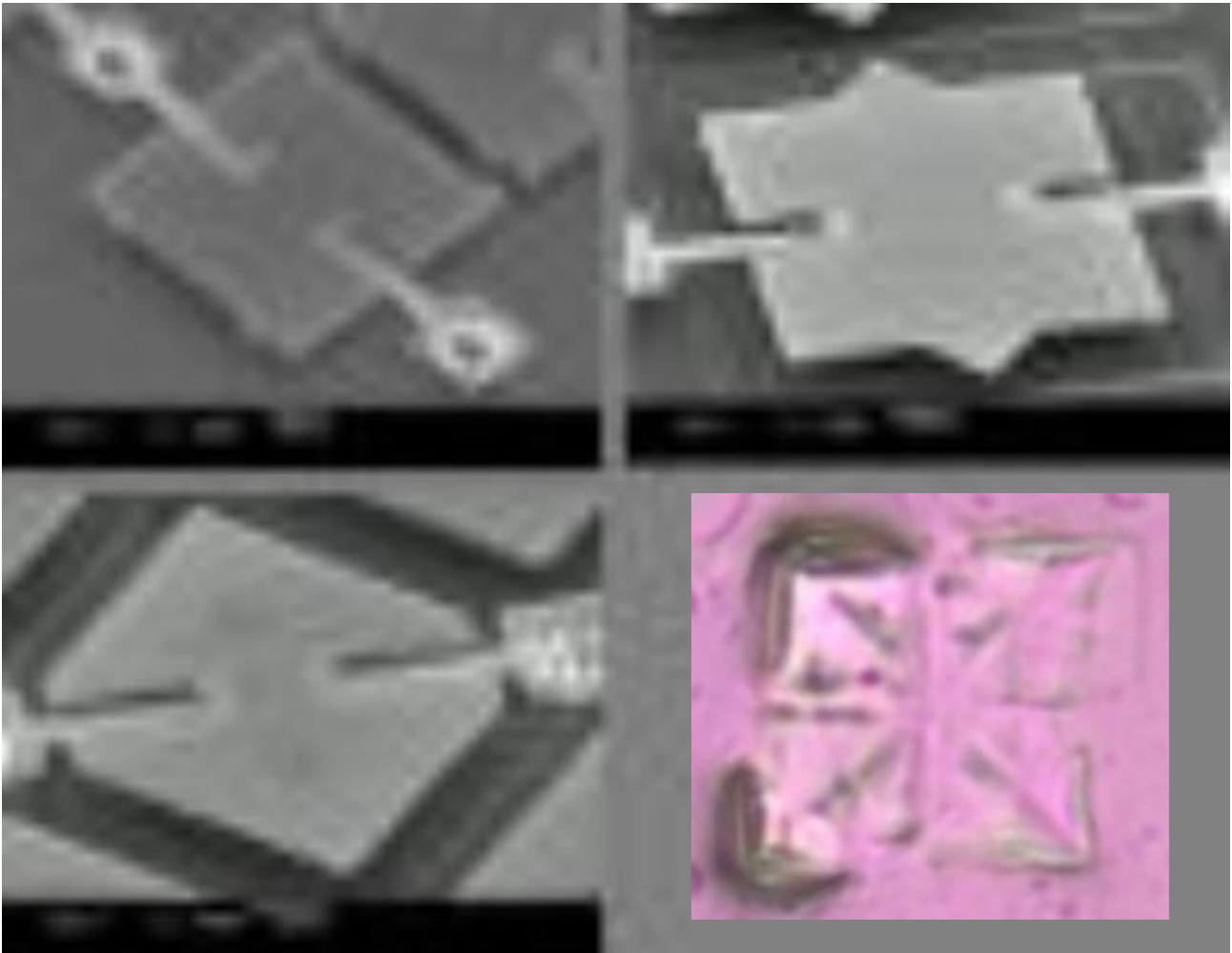
### Biochips microfluídico con forma de cruz +

### Cristal Covid con forma de cruz +



## Circuito integrado de microfluidos

### Bicochips microfluídicos plasmónicos con formas cruz, cruzada y recta (x y +) (cuadro rosa cristal Covid)



Los avances en el desarrollo de dispositivos microfluídicos, los llamados "lab-on-a-chip" (laboratorio en un chip), se han visto limitados por la complejidad inherente de los equipos que pretenden sustituir. Un caso típico es el análisis de ADN, un procedimiento que antes requería de un laboratorio repleto de costosos y complejos instrumentos y varios días para llegar al resultado final. Ahora (2003) se han desarrollado varios avances en el área de los componentes microfluídicos, entre ellos el diseño, la fabricación y la integración, que permitirán realizar un análisis de ADN de una forma mucho más sencilla, económica, y en mucho menos tiempo del que se necesitaba antes. Los investigadores se están inspirando en los componentes que están en el centro de todo el avance de la microelectrónica: los circuitos integrados.

Se han tomado algunas de las ideas básicas de la integración de la microelectrónica y se han llevado a los componentes de microfluidos.

**Esta nueva plataforma se llama Circuito Integrado de Microfluidos.**

Las ventajas de la nueva técnica incluyen la capacidad de construir componentes sofisticados a partir de partes individuales relativamente simples, así como la modularidad de los componentes, la estandarización de chips microfluídicos y la capacidad de simplemente conectar y desconectar piezas específicas en un sistema más complejo.

## Plasmones polimetálicos

Los sensores plasmones de superficie han sido desarrollados con elementos de múltiples metales (polimetales) como por ejemplo: hierro, oro, plata, silice, grafeno, entre otros.

El grafeno se unió a la plasmónica en 2011 y está siendo utilizado como nuevo “material maravilla” para juntarse y/o reemplazar los elementos usados antiguamente en plasmónica.

Las nanopartículas de ciertos polimetales [como el oro, la plata, etc] la resonancia es máxima y su frecuencia se produce en el campo visible del espectro electromagnético. Esta resonancia se origina cuando el tamaño de las nanopartículas es mucho menor que la longitud de onda de la radiación incidente. Con la resonancia del plasmón, se produce un fuerte acoplamiento de los electrones libres con el haz de luz incidente como consecuencia de los fotones absorbidos. La frecuencia de resonancia y la anchura de banda de absorción del plasmón, dependen del tamaño y la forma de microestructuración de la nanopartícula.

Los sensores plasmónicos son fabricados en superficies polimetálicas (oro, plata, grafeno, etc.)

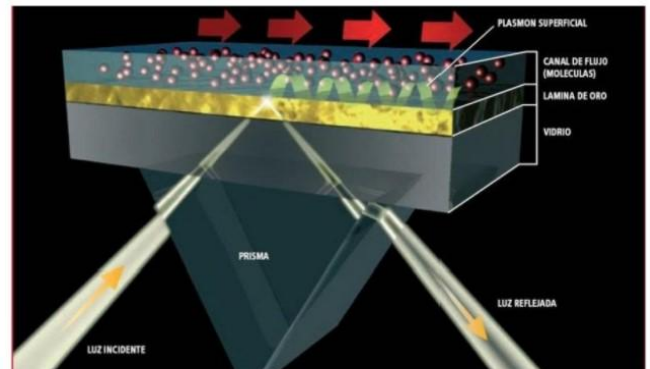


Figura 8. Representación física de respuesta plasmónica en superficies de Au

## Dispositivo plasmónico de grafeno bicapa y grafeno monocapa / óxido de silicio

Los cristales monocapa bidimensionales (2D) exhiben una gran cantidad de propiedades intrigantes, pero las aplicaciones más emocionantes pueden provenir de apilarlos en estructuras multicapa. Las interacciones de cizallamiento entre capas e interfaciales desempeñan un papel crucial en el rendimiento y la confiabilidad de estas aplicaciones.

Los plasmones superficiales se han considerado para numerosas aplicaciones, hasta ahora solo se habían observado en la superficie de los metales, y en 2012 se observaron por primera vez plasmones en la superficie del grafeno.

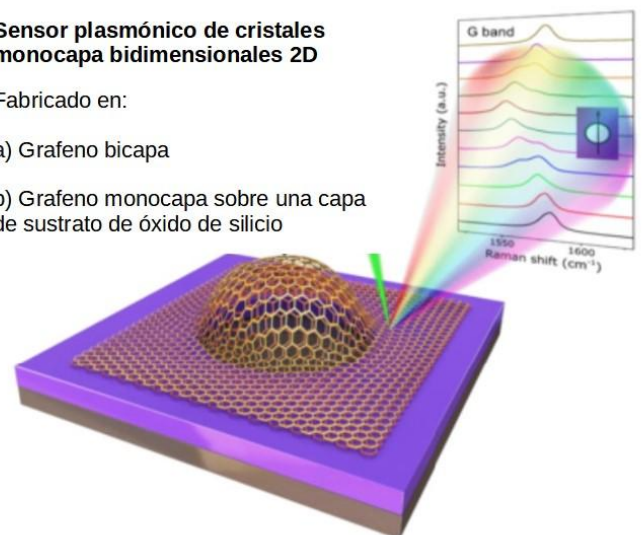
A través de la plasmónica el grafeno permite el control eléctrico de la luz. Es posible controlar ondas de electrones en la superficie del grafeno utilizando un circuito eléctrico simple. Se hace posible controlar la luz con electricidad, permitiendo su manipulación para los más diversos fines. Como el transporte de información. Es posible crear nuevos tipos de materiales ópticos, incluidos los *metamateriales*, famosos por su **invisibilidad**, y nuevas plataformas informáticas en las que la luz reemplaza a los electrones, con los llamados plasmónicos; interfaces entre la comunicación óptica y el procesamiento electrónico.

### Dispositivo plasmónico de carga de burbujas a microescala

#### Sensor plasmónico de cristales monocapa bidimensionales 2D

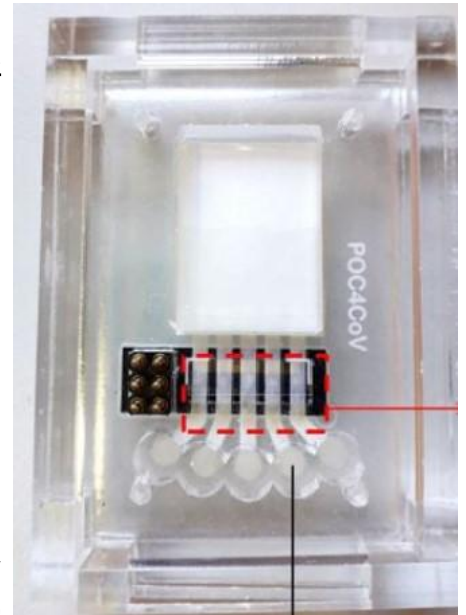
Fabricado en:

- Grafeno bicapa
- Grafeno monocapa sobre una capa de sustrato de óxido de silicio



## Biochip microfluídico plasmónico biosensor detector de ARN supuestamente de Sars-Cov-2

El dispositivo utiliza sistemas multiplexados y sondas biomoleculares particulares. Las plataformas tecnológicas POC se utilizarán en combinación con biomoléculas de captura específicas y sondas nanobiotecnológicas (bioconjugados enzimáticos y nanopartículas biofuncionalizadas plasmónicas y magnéticas), que permitirán la detección simultánea de diferentes biomarcadores (ARN viral y antígenos, IgM e IgG) supuestamente relacionados con la enfermedad Covid-19. Los complejos biomoleculares se recogerán en puntos específicos de los dispositivos donde se registrarán las señales electroquímicas. Se han desarrollado matrices de celdas electroquímicas de dos electrodos metálicos de capa fina sobre sustratos de silicio empleando tecnología de microfabricación. Estas matrices se han integrado junto a un componente microfluídico de manera muy sencilla con el fin de producir un dispositivo compacto y de bajo coste en el que realizar inmunoensayos y reacciones de hibridación específicas que permitan la detección multiplexada fiable de biomarcadores relacionados con el llamado virus SARS-CoV-2. Realmente los biochips microfluídicos poliméricos cristalinos pueden llegar a ser muy similares a cristales de sal.



### Nano-biochips sensores microfluídicos plasmónicos FinFET

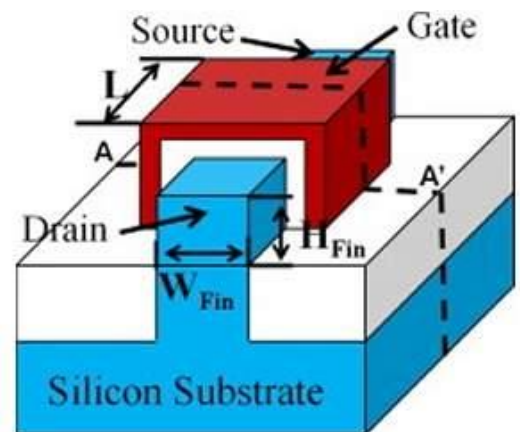
La aparición de un nuevo tipo de transistor, conocido como FinFET o transistor 3D, ha revolucionado la electrónica y ha allanado el camino para una nueva generación de ordenadores, smartphones, tablets, televisores y otros equipos con mayor capacidad de procesamiento y memoria, cada vez más pequeños. Se ha diseñado y fabricado (2012) un nuevo tipo de nano-transistor. El proyecto se inició en 2009.

Todo equipo electrónico tiene un circuito formado por transistores interconectados para un fin determinado. Cuanto mejor sea el transistor, mejor será el circuito, es decir, mayor será su capacidad de procesamiento y memoria. Formado por silicio -que actúa como base semiconductora-, metal y aislantes, el componente electrónico sirve para amplificar o interrumpir señales eléctricas.

*Fin* es la palabra en inglés para aleta o para el estabilizador vertical de un avión. **FET** es el acrónimo tradicional de *Field Effect Transistor*, o Transistor de Efecto de Campo.

**El dispositivo mide 50 nanómetros (nm) de ancho, 100 nm de alto y 1.000 nm de largo (1 micra - $\mu\text{m}$ -).** Está fabricado solo en tres capas. Los circuitos de Intel tienen entre 15 y 20 capas. Las capas determinan la disposición de los materiales que componen el nanotransistor.

La mezcla de semiconductor, metal y aislante forma el transistor. El jefe de investigación y desarrollo del proyecto dijo que para diseñar y definir dónde está cada uno “*se utiliza una máscara en un proceso fotográfico muy sofisticado*”. -máscaras y procesos fotolitográficos-.



## Nano-sensor FinFET de “circuito integrado sensorial”

Un nanotransistor puede funcionar como un sensor capaz de monitorear biomarcadores que indican el estado de salud de una persona.

Esto se debe a que el nanotransistor es tan pequeño que su funcionamiento puede verse alterado por iones (átomos cargados eléctricamente). Solo hay que elegir el biofluido que contactará con el nanotransistor (sangre, sudor, saliva, fluidos biológicos intra-orgánicos, etc) para que se convierta en un sensor. El equilibrio iónico en, por ejemplo, el sudor de una persona puede proporcionar información importante sobre el estado de su salud. El nanodispositivo detecta la presencia de partículas cargadas elementales en concentraciones ultrapequeñas, como iones o protones, que reflejan estados complejos, por ejemplo, el equilibrio de PH.

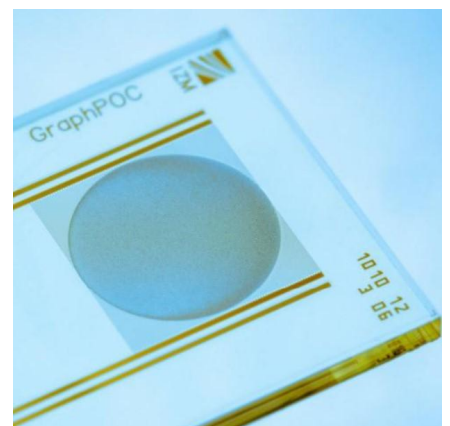
La innovación fue posible gracias a la tecnología de transistores **3D tipo FinFET**. El fluido a analizar llega al FinFET -que mide apenas **20 nanómetros**- a través de un canal de microfluidos. Cuando cada molécula pasa a través del nanotransistor, la carga eléctrica de la molécula cambia la conductancia del transistor. Dada la sensibilidad de la lectura, es posible diferenciar las distintas moléculas, deduciendo la composición del fluido, lo que sitúa al circuito en la categoría de los biochips. Por lo general, es necesario usar un sensor separado para la detección y un circuito para computar y amplificar la señal. En este biochip, los sensores y los circuitos están en el mismo dispositivo, lo que lo convierte en lo que llaman un “**circuito integrado sensorial**”.

### Nanodispositivo “bioFET” barato y desechable de sistema “tipo PCR” en busca de detectar una sola molécula de ADN

Se ha desarrollado un transistor FinFET que se puede utilizar como sensor biológico. El 'bioFET' tiene un ancho de aleta de 13 nm y una longitud de puerta de 50 nm. El sistema desarrollado para su fabricación permite integrar una matriz de bioFET en un sensor de un solo chip en un proceso de gran volumen que lo hace lo suficientemente económico como para ser desechable. El dispositivo funciona al permitir que las biomoléculas se unan a la superficie dieléctrica modificada químicamente de la puerta. Esto altera el voltaje de umbral dando como resultado una señal medible. La combinación de la superficie 3D para mejorar la sensibilidad del bioFET ha abierto perspectivas para una variedad de aplicaciones de biodetección que incluyen -entre otras- : detección de ADN, proteínas, virus o detección de pH.

### Biochip microfluídico de óxido de grafeno para detección de Covid-19 GraphPOC

Se ha desarrollado un sensor electrónico basado en óxido de grafeno para detectar infecciones bacterianas y virales como los anticuerpos de Covid-19. El equipo del Instituto de Fiabilidad y Microintegración de Berlín ha estado trabajando en el proyecto Graph-POC desde abril de 2018 en una plataforma de sensores basada en óxido de grafeno. Puede analizar en minutos una sola gota de sangre o saliva utilizando una estructura 3D de escamas de grafeno en lugar de las monocapas 2D utilizadas en otros sensores. Esta estructura 3D aumenta la superficie de medición y la precisión de las mediciones. Las moléculas de captura colocadas en la superficie del sensor basado en grafeno pueden detectar biomarcadores específicos para anticuerpos Covid-19.

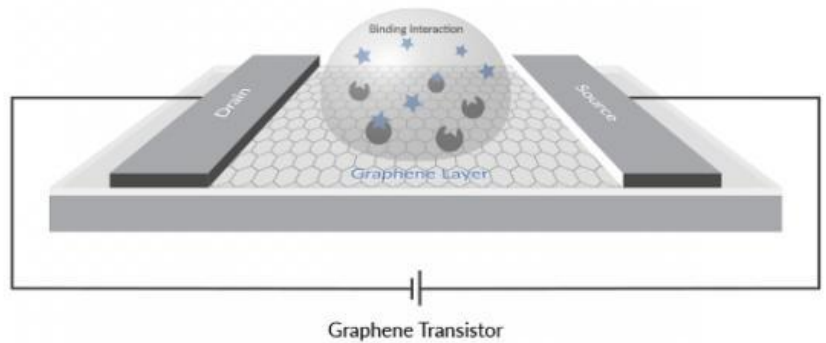


El proyecto está programado para ejecutarse en primavera de 2021.



## Nanotransistor biosensor plasmónico de grafeno para detección biológica y pruebas de Covid-19

El transistor activado biológicamente está basado en grafeno y puede leer moléculas e identificar marcadores de enfermedades. Puede “escanear” genomas en busca de mutaciones particulares. El transistor activado biológicamente es sensible a la carga eléctrica en la superficie del canal de grafeno y esto aumenta cuando se encuentra un gen objetivo en la muestra y se une a él.



Si bien el silicio no suele ser un material electrónico adecuado para usar con muestras virales, el grafeno [no lo es, pero dicen que] es un nanomaterial “-*biocompatible*-”, que es un excelente semiconductor como el silicio, que se puede usar en la producción de transistores electrónicos. **Un detector de laboratorio-en-un-chip (Lab on a Chip o Biochips Microfluídicos) para el coronavirus Covid-19 podría usarse para detectar múltiples señales moleculares de interés.** El transistores (llamado CRISPR Cardean, por el nombre de la empresa: Cardea Bio Inc., asociada con Nanosens Innovations para desarrollar el biochip) están incorporados con el poder de búsqueda natural de CRISPR, lo que hace poder detectar el coronavirus con un dispositivo portátil, rápido, preciso y **conectado a Internet**.

**Esto permite el uso de la computación en la nube y otras aplicaciones similares a Internet para resultados de pruebas de ciencias.**

Los sensores electroquímicos utilizan mediciones de potenciometría, amperometría, voltamperometría, coulometría o capacitancia. Se ha utilizado el "grafeno electroquímico" como biosensor e inmunosensor para la detección de gran variedad de elementos, como:

- Biomoléculas
- Neurotransmisores
- Catecolamina
- Dopamina
- Diversas drogas
- DA, NADH, ADN, ARN
- Marcadores de cáncer
- Hemoglobina
- Mioglobina
- Inmunoglobulina
- Glucosa
- Colesterol
- Proteínas
- Microorganismos
- Virus SARS
- Sars-Cov-2
- Alérgenos
- Toxinas
- Pesticidas
- Patógenos
- Trombina
- Kanamicina
- Aminoácidos
- Entre otros

La capacidad de modular las propiedades fisicoquímicas del grafeno mediante funcionalización ha llevado a aplicaciones exitosas en sensores y superficies inteligentes. El grafeno funcionalizado parece ser excepcionalmente prometedor para aplicaciones de sensores químicos y biológicos.

## **Los biosensores electroquímicos de grafeno se pueden miniaturizar y producir en masa a un coste relativamente bajo.**

Los biosensores electroquímicos a base de grafeno aseguran una detección selectiva y precisa de biomoléculas, por ejemplo, la detección sensible de ADN y ARN, que desempeñan papeles vitales en el almacenamiento y la transmisión de información genética.

### **Biosensores ópticos a base de grafeno**

Los sensores ópticos basados en grafeno presentan alta resolución espacial, un alto rango de detección, de sensibilidad, de precisión, y la detección es rápida. De esta manera, no solo se puede cuantificar los analitos, sino que también se podrá detectar cambios en la estructura superficial del grafeno y su interacción con las biomoléculas.

Los biosensores ópticos son instrumentos de detección potentes y herramientas versátiles para fines analíticos.

### **Biosensores transistores de efecto de campo (FET) a base de grafeno (G-FET)**

Otro de los tipos de biosensores basados en grafeno que se han desarrollado son los que utilizan el llamado "efecto de campo" (FET, por sus siglas en inglés) para estudiar interacciones biomoleculares que son claves en las respuestas biológicas de los sistemas vivos y las enfermedades que los aquejan. Los biosensores FET están adaptados para la medición de biomoléculas que interactúan con la superficie del sensor. La superficie de un biosensor FET se modifica para reconocer selectivamente analitos específicos. El grafeno, debido a su alta sensibilidad presenta un cambio significativo en la conductividad cuando moléculas bioquímicas se absorben sobre su superficie. Además, presenta ventajas únicas para ser utilizado en la construcción de biosensores 2D, por ejemplo: presentar una librería más amplia de funcionalizaciones con receptores de biomoléculas.

Se han desarrollado diversos tipos de biosensores G-FET (sensores FET de Grafeno), algún ejemplo de los muchos dispositivos existentes:

- Biosensor GFET basado en óxido de grafeno reducido (r-GO) para el análisis ultrasensible y sin etiqueta de un biomarcador de cáncer
- Biosensor GFET utilizando la funcionalización del electrolito de compuerta con una monocapa autoensamblada (SAM, por sus siglas en inglés), la cual fue oportunamente diseñada para contener el biorreceptor. Esta estrategia permite obtener límites de detección unimoleculares. Se incorporó un inmunosensor autoensamblado covalentemente en el electrodo de compuerta de oro mientras que el grafeno se usó como material del canal del transistor y en los electrodos fuente y drenaje. La presencia en la SAM de una red extendida de enlaces de hidrógeno puede actuar como amplificador de la interacción analito-receptor.
- Biosensor GFET para la detección de bacterias y sus actividades metabólicas
- Biosensores GFET capaz de detectar la unión de una sola bacteria

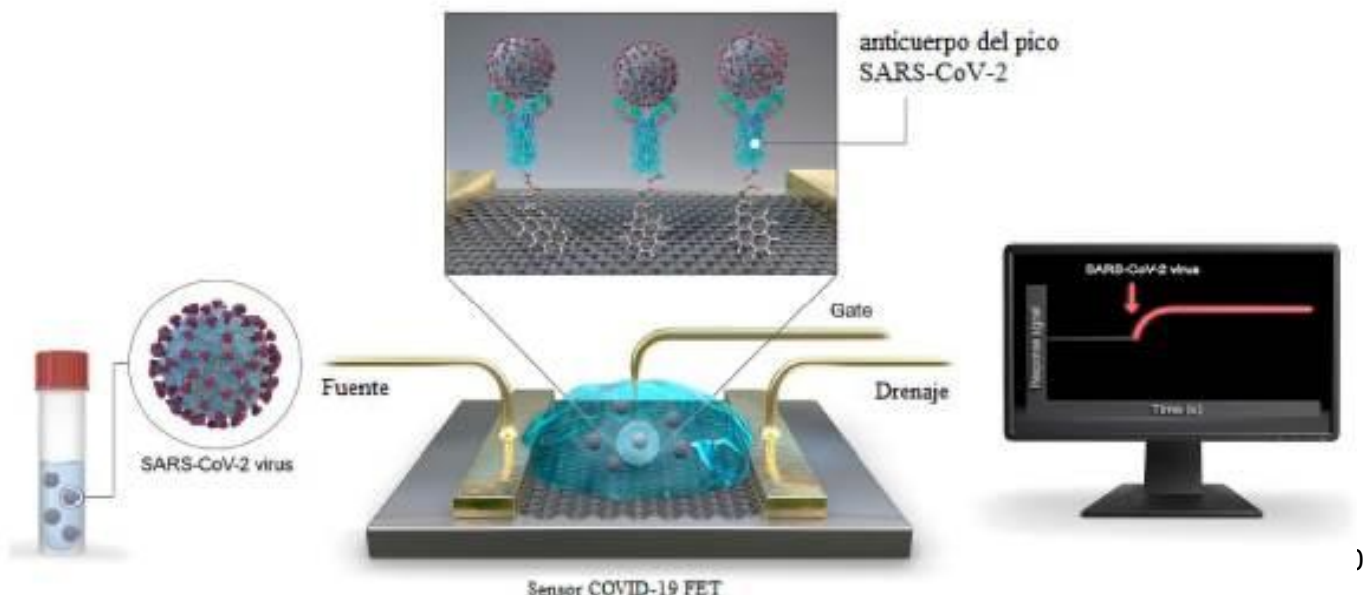
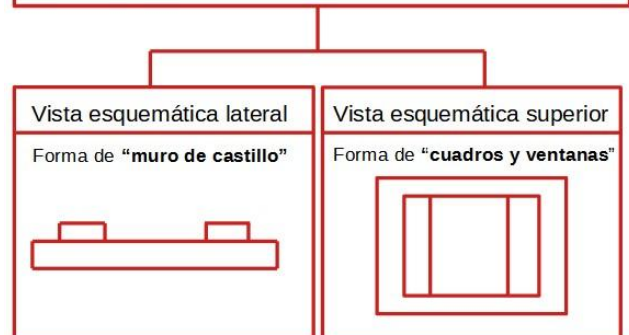
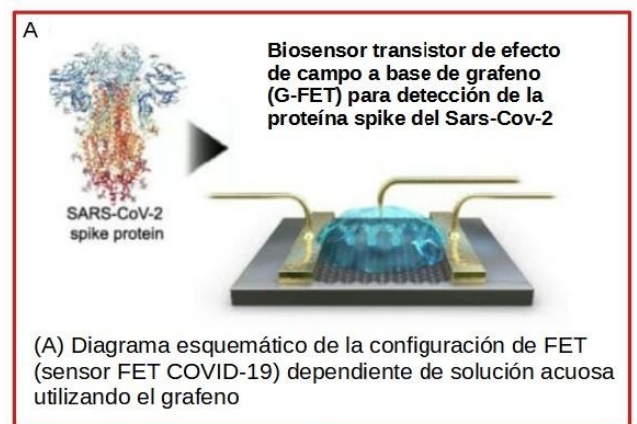
- Biosensor GFET de óxido de grafeno reducido (RGO) para producir una sonda bacteriana de amplio espectro. Este semiconductor (rGO) como elemento transductor en los dispositivos FET facilita la interacción entre los sensores y las bacterias.
- Biosensores de glucosa a base de GFET construidos al inmovilizar la glucosa oxidasa en la superficie del grafeno
- Biosensor GFET de alta absorción de ADN en superficie
- Más biosensores GFET diversos. Para detección de todo tipo de analitos.

### Sensor FET COVID-19: Biosensor de grafeno para detectar la proteína espiga del Sars-Cov-2

Desarrollamos un dispositivo de biodetección basado en grafeno funcionalizado con anticuerpos de pico SARS-CoV-2 (sensor FET COVID-19) para su uso como plataforma de detección de virus SARS-CoV-2.

Los biosensores FET basados en grafeno pueden detectar cambios circundantes en su superficie y proporcionar un entorno de detección óptimo para la detección ultrasensible. Por eso, la tecnología FET basada en grafeno es muy atractiva para aplicaciones relacionadas con el diagnóstico inmunológico sensible. El anticuerpo de pico del SARS-CoV-2 se inmovilizó en el dispositivo fabricado con un agente de acoplamiento de interfaz utilizado como enlazador de sonda. El perfil de la lámina de grafeno revela la fina **crystalinidad del grafeno en la cuadrícula**. El grafeno se transfirió a un sustrato utilizando métodos convencionales de transferencia húmeda PMMA.

El grafeno transferido se modeló en formas lineales mediante fotolitografía y se grabó mediante un método de grabado de iones reactivos. Las dimensiones del dispositivo son 100 × 100 μm<sup>2</sup>.



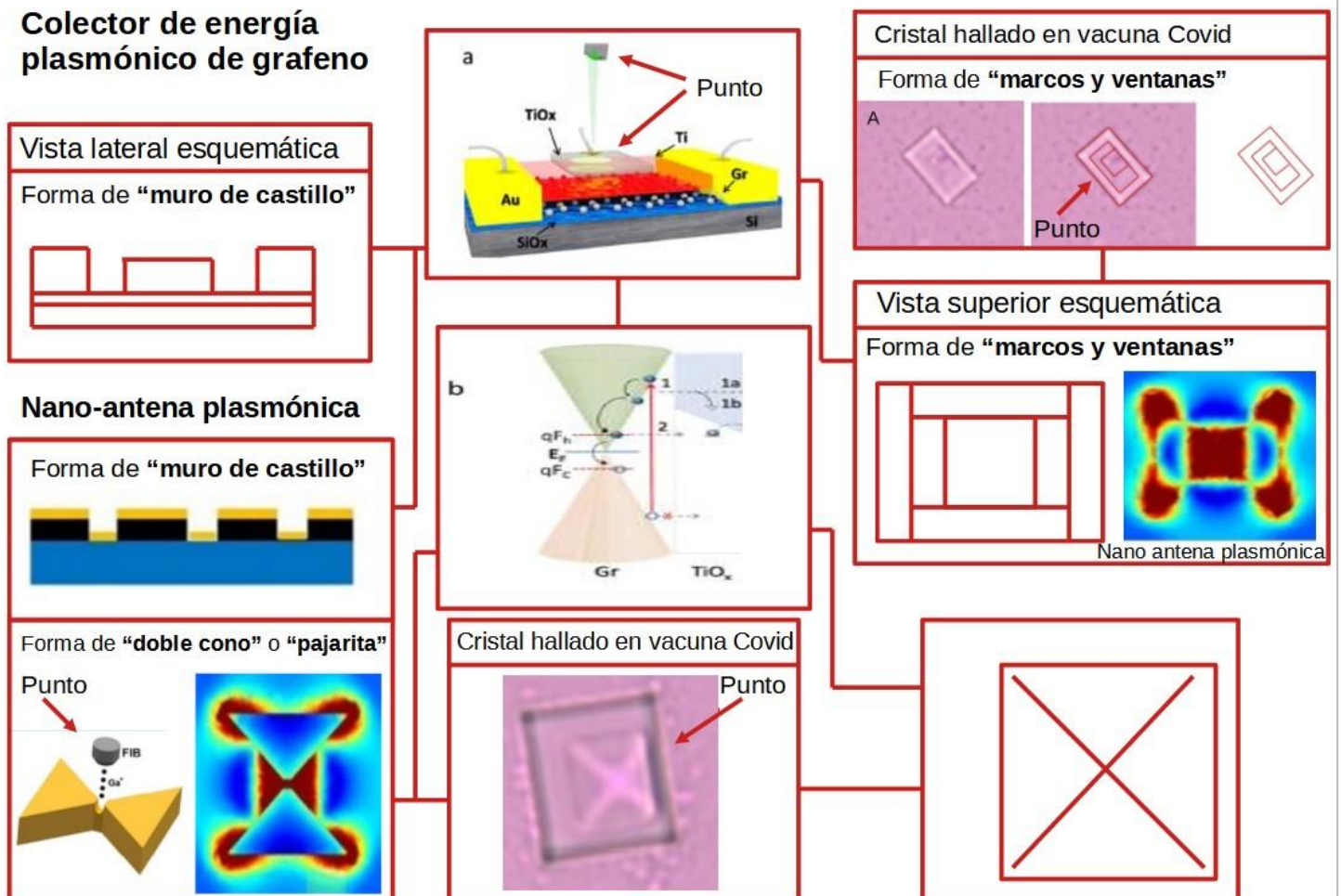
## Dispositivo plasmónico de grafeno colector de energía

La baja resistividad, alta transmitancia, buena estabilidad química y el **bajo costo** del grafeno lo convierten en una película conductora ideal. Muchos trabajos han explorado las propiedades del grafeno como electrodo transparente. La película de grafeno con mejores características hasta ahora alcanza una **transparencia mayor al 98%**.

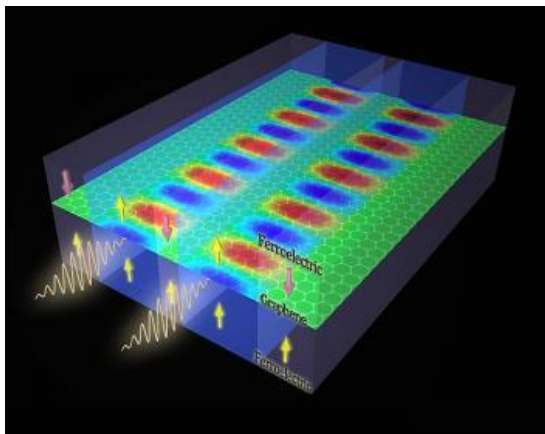
Uno de los dispositivos optoelectrónicos más importantes donde el grafeno ha demostrado ser un candidato ideal son los fotodetectores. En estos dispositivos la energía fotónica absorbida se convierte en una señal eléctrica. Los fotodetectores se han desarrollado utilizando materiales semiconductores. La absorción óptica de los semiconductores está limitada por su banda prohibida. Al tener el grafeno una banda prohibida **en forma de cono** [o doble cono tipo pajarita], puede absorber fotones desde el ultravioleta al rango de terahercios.

Para explotar la respuesta fotoeléctrica y la absorción de banda ancha del grafeno, se han explorado diferentes configuraciones de dispositivos, tales como:

- Dispositivos de metal-grafeno-metal
- Dispositivos híbridos (como puntos cuánticos/grafeno)
- Dispositivos de heteroestructuras de grafeno-semiconductores (como por ej.: grafeno/silicio)



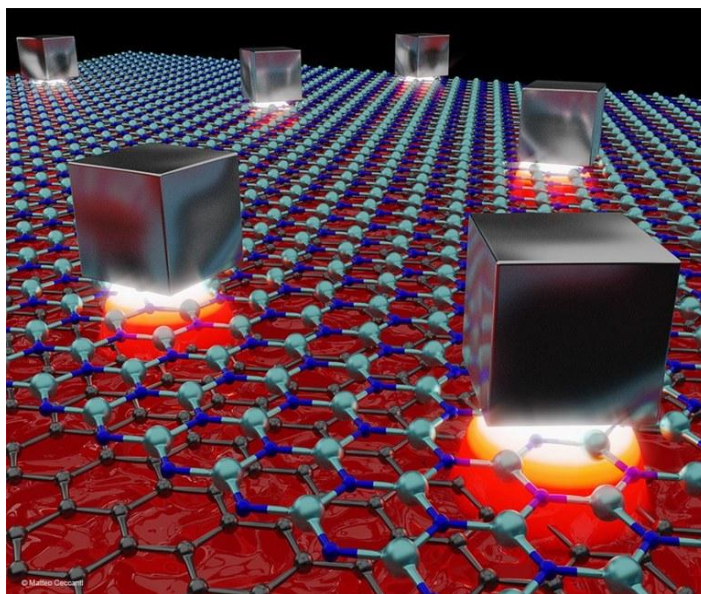
## Dispositivo ferroeléctrico de grafeno para control de ondas plasmónicas



Se ha desarrollado un dispositivo basado en materiales ferroeléctricos y grafeno, que utiliza el control de ondas de plasmones para interconectar dispositivos electrónicos y dispositivos de ondas de luz (como fibra óptica y chips fotónicos). El nuevo dispositivo (2013) de material híbrido puede controlar la onda de plasmones de superficie. Las ondas operan a frecuencias de terahercios en este nuevo dispositivo, que se considera ideal para los dispositivos informáticos de última generación.

## Plasmones de grafeno; las cavidades de luz más pequeñas del mundo que actúan como nano-antena plasmónica

Se ha logrado conseguir las cavidades más pequeñas construidas hasta ahora utilizando grafeno y cubos metálicos de tamaño nanométrico. La miniaturización ha dado lugar a la materialización de sueños inimaginables. La reducción en tamaño de los circuitos electrónicos nos ha permitido acceder a tecnologías, como los *smartphones*, relojes inteligentes de salud, o sondas médicas, impensables hace un par de décadas. En el transcurso de 60 años, el transistor ha pasado de ser del tamaño de la palma de la mano, a tener una dimensión de hasta 1 nanómetro. El grafeno es capaz de re-guiar la luz en forma de plasmones, que son oscilaciones de electrones que interactúan fuertemente con la luz. Estos **plasmones de grafeno** tienen la capacidad natural de limitar la luz a espacios muy pequeños. Se ha logrado construir este tipo de cavidad para plasmones de grafeno depositando nanocubos metálicos (de tamaños nanométricos) sobre una lámina de grafeno. Esta técnica ha permitido conseguir la cavidad óptica más pequeña jamás construida hasta ahora.



La técnica es capaz de detectar elementos moleculares, los resultados del estudio son extremadamente prometedores para el campo de la detección molecular y biológica, e importante para la medicina y la biotecnología.

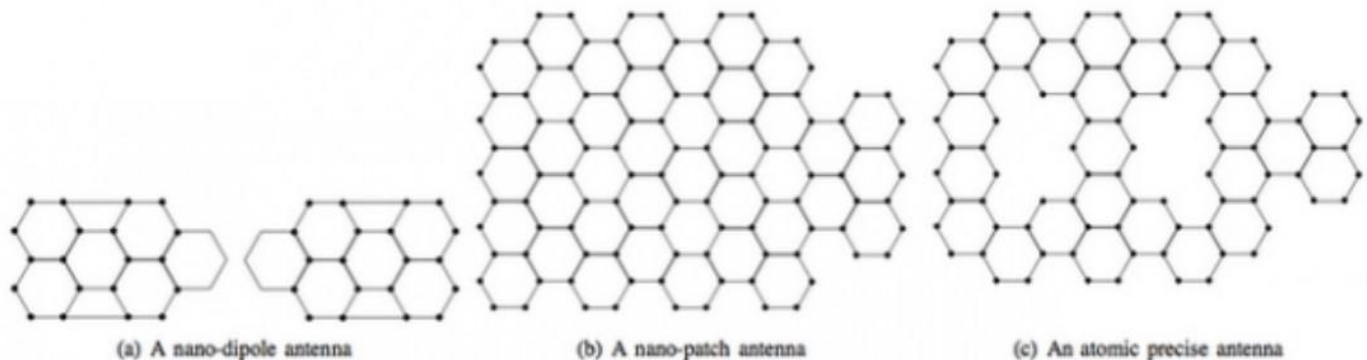
Además, cada cavidad nano cubo-grafeno, cuando interactuaba con la luz actúa como un nuevo tipo de nano-antena plasmónica.

## Dispositivo de grafeno que actúa como nano-antena plasmónica de escala atómica

Se ha desarrollado un dispositivo que es una forma increíblemente novedosa de transmitir datos a escala atómica. En su forma actual, los canales de comunicación más pequeños de última generación son de 0,05 micras o 50 nanómetros. Aquí estamos hablando de dos láminas de grafeno conectadas por un alambre de silicio de dos átomos que está alrededor  $0,1\text{ nm}$  en diámetro. Pero esto no es un «cable» en el sentido habitual: es un *dispositivo plasmónico*. Un plasmón es una pieza cuántica de plasma. Cuando es golpeado por la luz, oscila muy rápidamente y produce una corriente eléctrica. Esta corriente luego salta al plasmón receptor que luego convierte los electrones excitados nuevamente en luz. Los plasmones pueden usarse como una interconexión en chips, ya que admiten frecuencias de hasta cientos de terahercios, mientras que los cables de cobre alcanzan un máximo de gigahercios.

### Graphennas: las nano-antena atómica de grafeno plasmónico; red inalámbrica en un chip

Se ha empezado a desarrollar (2013) los esquemas de codificación y modulación necesarios para la comunicación interna inalámbrica a cientos de gigabytes por segundo entre los miles de subprocesadores de un chip de múltiples núcleos. Los procesadores multinúcleo pueden tener una gran cantidad de subunidades que comparten y ejecutan tareas en paralelo. Existen comunicaciones en chip (intra) y entre chips (inter). La comunicación inalámbrica es el siguiente paso lógico en la optimización del procesador que relajaría muchas de las limitaciones impuestas por las topologías planas tradicionales cableadas en superficies 2D. Si bien la banda de terahercios (0,1 a 10 THz) se ha estudiado ampliamente para las comunicaciones en escalas de metros, se están reduciendo los márgenes a nanómetros. Una palabra de moda que ya ha surgido en este nuevo campo de las antenas de grafeno de escala nanométrica o **graphennas** es la **red inalámbrica en un chip (GWNOC) habilitada con grafeno**.



### Graphene-enabled Wireless Communications (GWC) on chip (GWNOC)

Las nano-antenas plasmónicas de grafeno, también llamadas **graphennas**, aprovechan las propiedades plasmónicas del grafeno para radiar ondas electromagnéticas en la banda de terahercios (0,1-10 THz). GWC puede representar un gran avance en las áreas de investigación de las comunicaciones inalámbricas on-chip, es decir, entre los diferentes procesadores o núcleos de un multiprocesador de chip, y de estos núcleos con el sistema de memoria. Las principales ventajas de las redes inalámbricas en chip (GWNOC) habilitadas con grafeno resultantes son el potencial de GWC para radiar en la banda de terahercios proporcionando un enorme ancho de banda de transmisión, permitiendo la transmisión de información a altísimas velocidades.

## Memorias RAM líquidas microfluídicas nanoenrutadoras de gotas en bases acuosas con sal

En lugar de transistores y puertas lógicas, el chip utiliza gotas magnéticas que flotan en microcanales llenos de agua salada (2011). El diminuto chip de microfluidos utiliza llaves magnéticas para capturar y mover las gotas, creando un mecanismo similar a las memorias de acceso aleatorio de las computadoras.

El objetivo es utilizar el mecanismo de transporte de moléculas utilizado en biochips sensores analíticos como purificación de proteínas, secuenciación de ADN o ARN, o separación celular: las moléculas son transportadas a bordo de las gotas magnéticas.

Los biochips tradicionales usan bombas y válvulas para mover líquidos o partículas a lo largo de microcanales. El uso de nanopartículas magnéticas requiere un suministro continuo de energía. Las nuevas memorias RAM líquidas han resuelto ese problema.

El científico creador dijo: ***"es una forma completamente nueva de pensar en microfluidos, lo bueno aquí es que es un imán permanente y conmutable: una vez que está 'encendido', ya no necesita energía. Evita el calentamiento, necesitando energía solo menos de un microsegundo"***.

El chip crea un mecanismo para manejar cualquiera de las gotas de forma independiente, creando un nuevo concepto de memoria magnética de acceso aleatorio.

Cualquiera de los "bits líquidos" (la gota con sus biomoléculas) puede manipularse fácilmente y colocarse en la posición deseada para cada análisis.

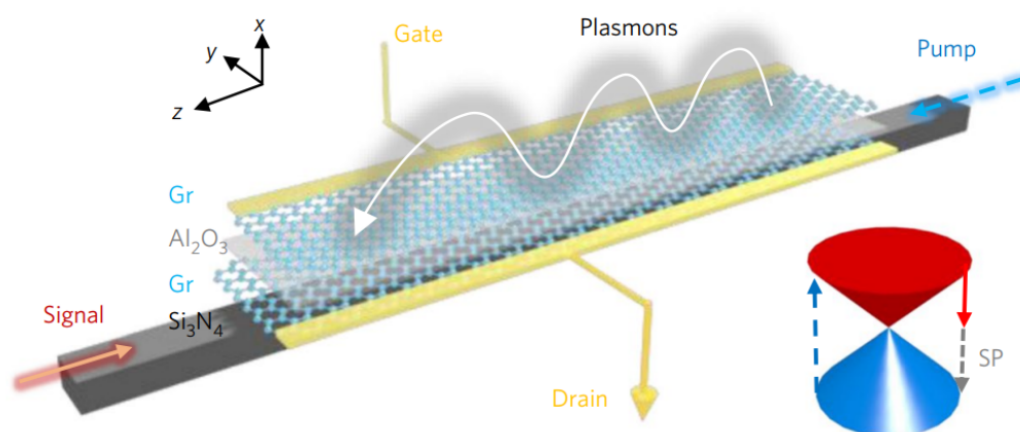
La precisión obtenida es tan grande que incluso se puede girar cada gota antes de colocarla en la posición adecuada para su lectura (que puede ser una lectura que identifica moléculas) o para su colocación junto a otra para una reacción química.

## Terahercios y plasmones polaritones de grafeno (PPG)

La plasmónica basada en grafeno es la tecnología ideal para generar y manipular ondas electromagnéticas a frecuencias de terahercios (de 0,1 THz a 10 THz), también llamadas submilimétricas (de 0,03 a 3 mm).

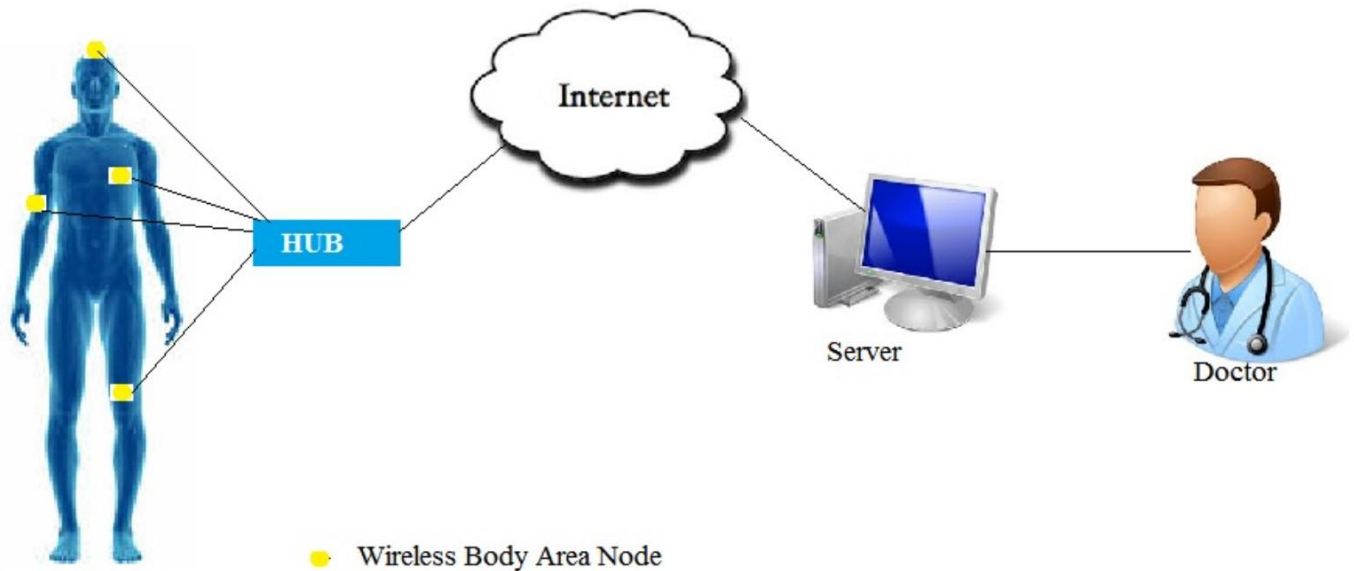
La banda de frecuencias extremadamente altas (EHF), como denomina a la banda de los terahercios la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), tiene un futuro esplendoroso, siendo el nicho natural para los dispositivos basados en grafeno.

Se está avanzando mucho (2017) en la producción industrial masiva de dispositivos basados en grafeno y **los años 2020 prometen ser la década del grafeno.**



## Nano-redes inalámbricas intraorgánicas Body Area Nano-NETworks Nanoredes centradas en el cuerpo (BCNN)

Con el gran avance de la nanotecnología en los últimos años, los dispositivos se están reduciendo a microescala, incluso a nanoescala. Además, la Internet de las nanocosas (IoNT) se considera generalmente como la formación definitiva de las redes de sensores actuales y el desarrollo de nanoredes sería la clave para su cumplimiento, que será omnipresente con numerosas aplicaciones en todos los dominios de la vida.



### Example Scenario for PhD in Wireless Body Area Network

Las nanoredes centradas en el cuerpo (BCNN) juegan un papel esencial en la aplicación práctica de las IoNT (Internet de las Nano-cosas).

Se estudia la comunicación híbrida, en el contexto de la comunicación molecular y la comunicación de terahercios para nano-redes centradas en el cuerpo para el Internet de las nano-cosas (IoNT).

Se considera que la nanocomunicación se convierte en un elemento fundamental para muchas aplicaciones novedosas en el sector de la salud. Dados los desarrollos recientes (2015) en el ámbito de la nanomaquinaria, se trabaja en la coordinación y el control de estos dispositivos.

La nanocomunicación en el cuerpo basada en comunicación de radio molecular, acústica o RF en la banda de terahercios admite el intercambio de mensajes entre estos dispositivos en el cuerpo.

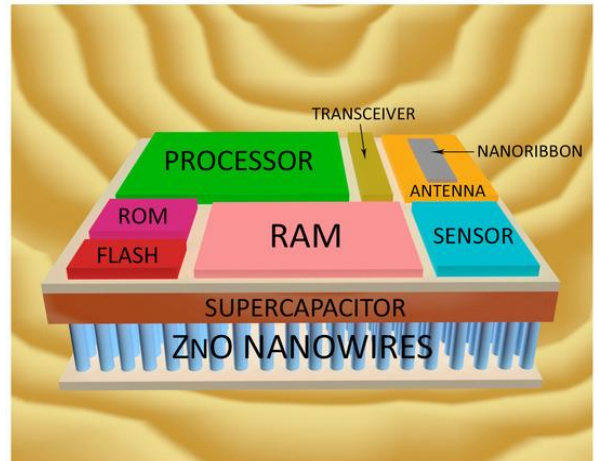
Se trabaja en conectar redes de área corporal y otras puertas de enlace externas con nanodispositivos en el cuerpo, allanando el camino hacia sistemas de **Internet de Nano Cosas (IoNT)** más escalables y eficientes.



## Biochip nano-nadador para redes inalámbricas corporales

La nanotecnología es un área científica emergente cuyos avances tienen un impacto directo en la miniaturización de la electrónica. Esta tecnología única permite la posibilidad de diseñar y construir componentes electrónicos, así como dispositivos completos (llamados nanomáquinas o nanodispositivos) a escala nanométrica.

**Un nanodispositivo es un elemento esencial capaz de operar en una nanored, donde una gran cantidad de ellos se coordinarían para adquirir datos, procesar la información recopilada, y transmitir de forma inalámbrica esos datos a puntos finales que brindan servicios en escenarios como el cuerpo humano.**



Se ha estudiado la viabilidad de este tipo de dispositivos examinando sus principales componentes; el nanoprocesador, la nanomemoria, la nanoantena y el nanogenerador. Se ha contribuido aún más mediante el desarrollo de un diseño de nanodispositivo completo teniendo en cuenta su tamaño ultrapequeño (**similar a un glóbulo sanguíneo**) y sus capacidades muy restringidas, por ejemplo, procesamiento, almacenamiento de memoria, telecomunicaciones y administración de energía.

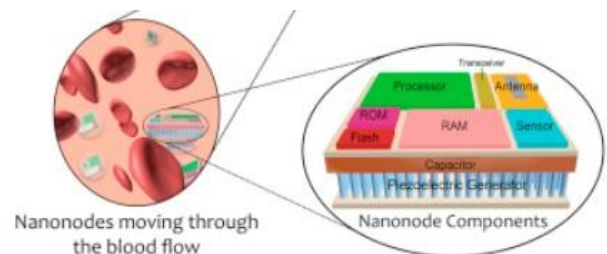
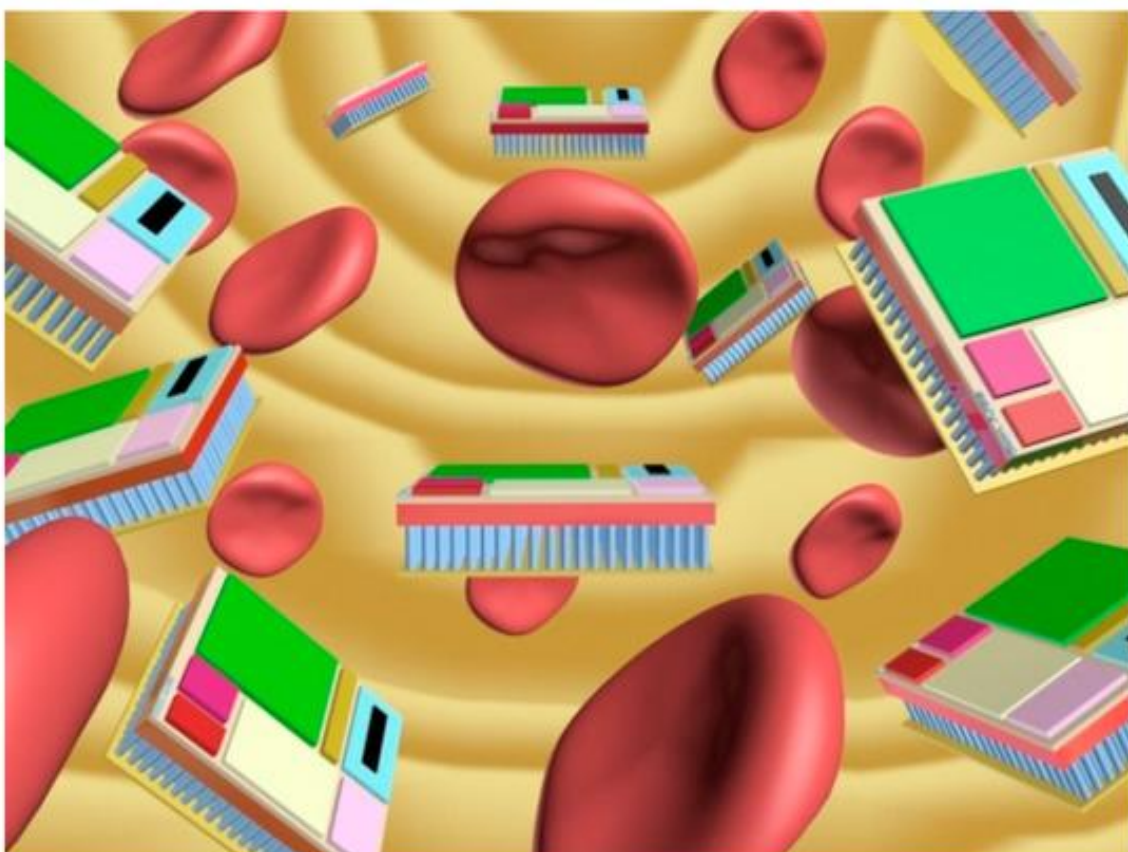


Imagen artística de: **Biochips microfluídicos sensores nano-nadadores de torrente sanguíneo para Body Area NanoNetworks**



## Nanosensores nadadores de torrente sanguíneo para Body Area NanoNetworks (BANN)

El monitoreo en tiempo real de parámetros de pruebas médicas, así como de sustancias biológicas y químicas dentro del cuerpo humano es una forma de facilitar el control de patologías y garantiza una mayor efectividad en diagnósticos y tratamientos. Future Body Area NanoNetworks (BANN) representa un esfuerzo continuo para complementar estas iniciativas.

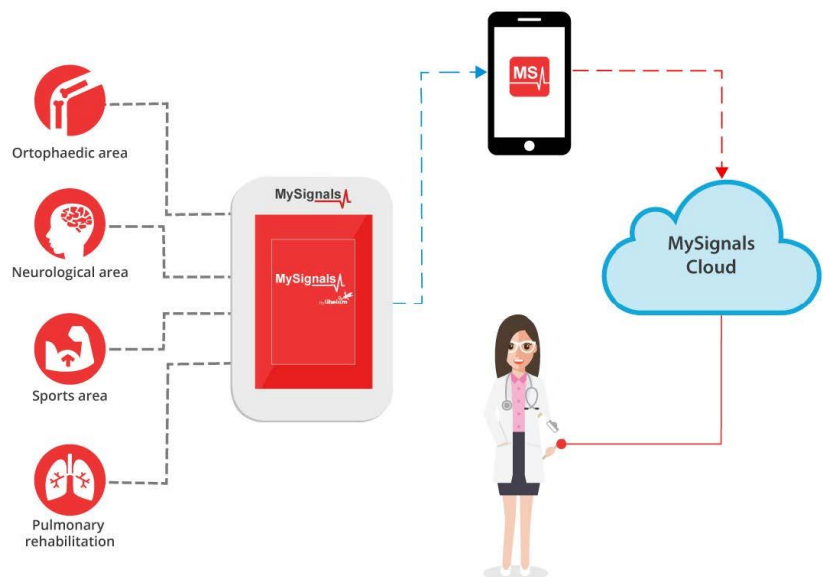
Se propone un esquema de comunicación sencillo que opera en la banda de THz para el intercambio de información entre nanodispositivos.

### Los nanodispositivos deben alimentarse a través del torrente sanguíneo y la recolección de energía de ultrasonido externo.

Se ha revelado una extraordinaria capacidad de recarga de los nanonodos, lo que permite que cada pareja nanonodo-nanorouter se comuniquen cada 52 min. Este período aparentemente largo se compensa con la cantidad considerablemente alta de nanonodos en la red, lo que satisface un monitoreo casi constante de las lecturas de parámetros médicos.

Es posible prever el procesamiento de datos, la comunicación de resultados y las tareas de toma de decisiones, todo realizado a escala nanométrica y con una precisión sin precedentes.

Los parámetros médicos como la temperatura corporal, los niveles de glucosa, la detección de biomarcadores de cáncer y todo tipo de datos y parámetros médicos biológicos se recopilarán en tiempo real y se enviarán a destinos remotos a través de nanodispositivos que juegan un papel importante en el campo de las nanoredes y la implementación de la IoNT (el Internet de las Nanocosas).

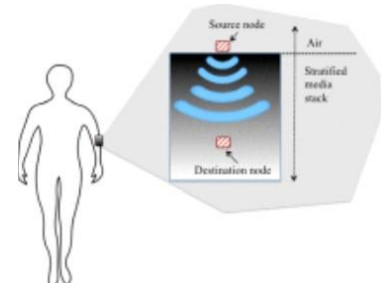


Una de las aplicaciones más prometedoras de las nanoredes son las Body Area NanoNetworks (BANN); en donde los nanodispositivos interconectados fluyen hacia el torrente sanguíneo, transmitiendo información a personal externo (p. ej., médicos) o a sistemas de procesamiento de información (p. ej., Big Data).

## Comunicación de Nano-RED de Área Corporal

### Propagación de campos electromagnéticos de terahercios en tejido humano

Una nanored de área corporal representa un sistema de nanodispositivos biomédicos que equipados con capacidades de detección, computación y comunicación, pueden ser implantados, ingeridos o usados por humanos para recopilar información de diagnóstico y ajustar tratamientos médicos. **La comunicación entre estos nanodispositivos puede habilitarse mediante nanoantenas de grafeno**, que generan ondas electromagnéticas en la banda de terahercios. Sin embargo, desde una perspectiva de la propagación del campo electromagnético, los tejidos humanos generalmente presentan pérdidas elevadas que perjudican significativamente el proceso de comunicación, limitando así los rangos de comunicación.

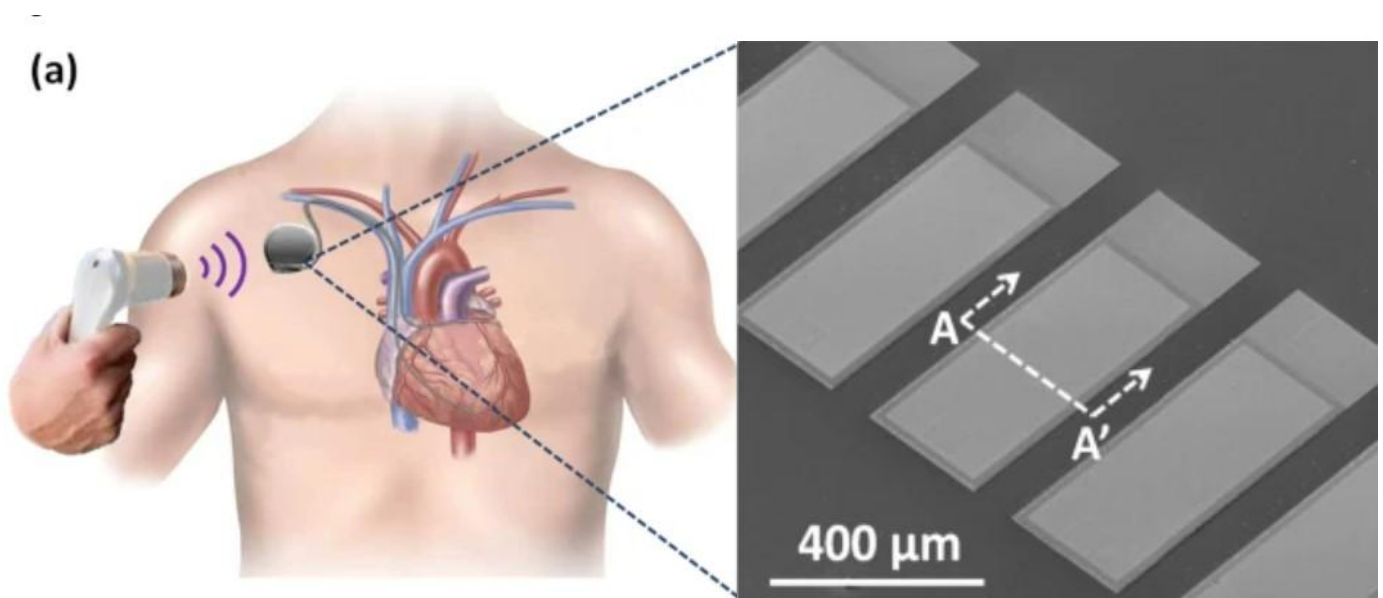


Se ha trabajado en las capacidades de comunicación de una Nano-RED de Área Corporal, teniendo cuidadosamente en cuenta las características no homogéneas y estructuras desordenadas que ofrecen los tejidos biológicos, y se ha modelado cuidadosamente la propagación de campos eléctricos pulsados en una pila de medios estratificados formada por estrato córneo, epidermis, dermis y grasa.

### Recolector de energía ultrasónica piezoeléctrico (PUEH) de banda ancha basado en MEMS para habilitar dispositivos biomédicos implantables y autoalimentados

El PUEH propuesto muestra un gran potencial para integrarse en un chip de dispositivo biomédico implantado como fuente de energía para diversas aplicaciones. Los dispositivos biomédicos implantables son ampliamente utilizados (2016) y se aplican en diversos escenarios como marcapasos, desfibriladores cardíacos, estimuladores neurales, tensiómetros, etc.

El nuevo recolector de energía ultrasónica piezoeléctrico de banda ancha (PUEH) está basado en sistemas microelectromecánicos (MEMS) con el objetivo de extender la vida útil de la batería de, por ejemplo, un marcapasos, u otros dispositivos biomédicos implantables, como nanosensores biochips.



## **Alimentación de nanosensores en el cuerpo con ultrasonidos para nanoredes inalámbricas intraorgánicas**

Los nanosensores integrados son una característica clave de los sistemas de monitorización médica emergentes. La energía para estos sensores puede obtenerse de vibraciones ultrasónicas generadas por fuentes portátiles en miniatura y convertirse en energía eléctrica mediante nanocables piezoeléctricos.

Se ha analizado la frecuencia y la intensidad de los ultrasonidos necesarios para alimentar un nanosensor integrado sujeto a límites de seguridad médica, absorción por tejido humano y reflexión de interfaces. Se ha calculado la potencia de entrada y salida a diferentes niveles de eficiencia de conversión de energía.

**Los análisis sugieren que los ultrasonidos pueden ser una fuente viable para la recolección de energía de los nanosensores en el cuerpo.**

Otro método de suministro de energía es la recolección de energía de otras fuentes externas (electromagnéticas (EM), vibratorias, y térmicas).

**El Internet de las cosas bio-nano tiene como objetivo interconectar redes de comunicación molecular heterogéneas dentro del cuerpo humano con el mundo exterior a través de una interfaz bio-cibernética.**

Existen importantes desafíos que superar en el despliegue de redes de nanodispositivos dentro de un entorno biológico vivo. Por un lado, el tamaño en miniatura de los dispositivos y el medio en el que se implementan pueden cambiar sus propiedades materiales. Por otra parte, las altísimas frecuencias que necesitan los nanodispositivos para comunicarse muestran una penetración limitada a través del tejido biológico. Además, los componentes de la red deben tener suficiente potencia para la recopilación, el cálculo y la transmisión de datos.

**Para solventar esas complicaciones se han creado métodos (2016) de uso de nanosensores EM de recolección de energía que operan en las bandas de ondas de terahercios para permitir las comunicaciones.**

Un nanosensor se encapsula en una célula artificial biocompatible y se incrusta en tejido humano. Los ultrasonidos de una fuente externa portátil inducen vibraciones en nanocables piezoeléctricos en el nanosensor para aprovechar la energía para el dispositivo.

Es perfectamente viable la alimentación de sensores incrustados en el tejido humano mediante ultrasonidos, por ejemplo se ha utilizado ultrasonidos para alimentar un nanogenerador sumergido en una base acuosa y biofluidos.

**Dichos modelos muestran la capacidad de alimentación y transmisión de datos en nano-sensores biochips microfluídicos para nano-redes intraorgánicas corporales**

## PHLAME: un protocolo MAC (Control de Acceso Medio) para nano-redes inalámbricas electromagnéticas de terahercios

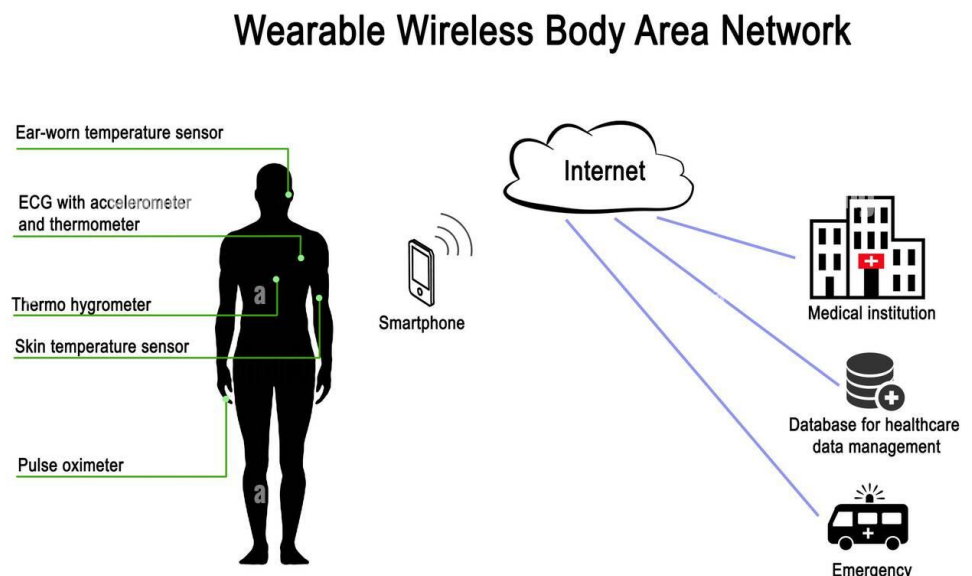
Las nanoredes permitirán aplicaciones avanzadas de nanotecnología en los campos biomédico, industrial, ambiental y militar, al permitir que los nanodispositivos integrados se comuniquen y compartan información entre sí. Debido a la muy alta densidad esperada de nanodispositivos en nanoredes, se necesitan nuevos protocolos de control de acceso al medio (MAC) para regular el acceso al canal y coordinar transmisiones simultáneas entre nanodispositivos. Se ha presentado un nuevo protocolo MAC consciente de la capa física para nanoredes electromagnéticas en los terahercios llamado PHLAME. Este protocolo se basa en un nuevo esquema de comunicación basado en pulsos para nanoredes y aprovecha los beneficios de los nuevos esquemas de codificación de canales de bajo peso. En PHLAME, los nanodispositivos de transmisión y recepción seleccionan conjuntamente los parámetros óptimos del esquema de comunicación y el esquema de codificación de canal que maximiza la probabilidad de decodificar con éxito la información recibida mientras minimiza el *multiusuario-interferencia*. El rendimiento del protocolo se analiza en términos de consumo de energía, retraso y rendimiento alcanzable, teniendo también en cuenta las limitaciones energéticas de los nanodispositivos.

Los resultados muestran que PHLAME, al explotar las propiedades de la banda de terahercios y ser consciente de las limitaciones de los nanodispositivos, es capaz de soportar nanoredes muy densamente pobladas.

## Protocolo PP-MAC de control de acceso medio para preservar la privacidad en nano-redes inalámbricas de sensores de área corporal

Las redes inalámbricas de sensores (WSN) juegan un papel vital en varios campos y, en particular, agregan más en el dominio de la salud. Varias aplicaciones en el dominio de la salud utilizan las WSN para diagnosticar enfermedades. Sin embargo, existe la amenaza y el riesgo de explotar la privacidad del paciente y deteriorar el rendimiento de las

herramientas y sistemas operativos. Hay pocos enfoques existentes que manejen los problemas de ataques y mantengan la privacidad de las redes inalámbricas de sensores de área corporal (WBASN) intactas. La mayoría de las amenazas se esperan en la subcapa de control de acceso medio (MAC) que afectan el rendimiento de las WBAN. **Se presenta un sistema de protocolo de control de acceso al medio que preserva la privacidad (PP-MAC).**

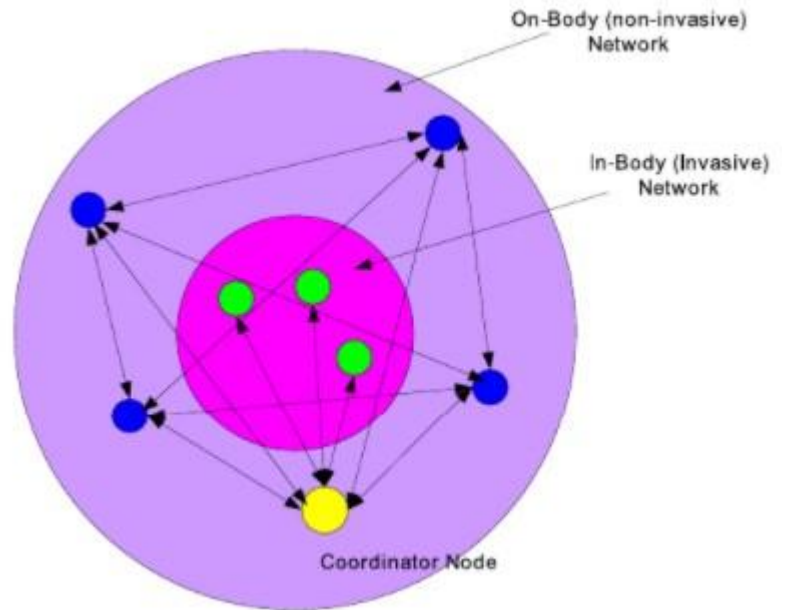


## TAD-MAC: protocolo MAC dinámico Traffic-ware para nano-redes inalámbricas de biosensores de área corporal

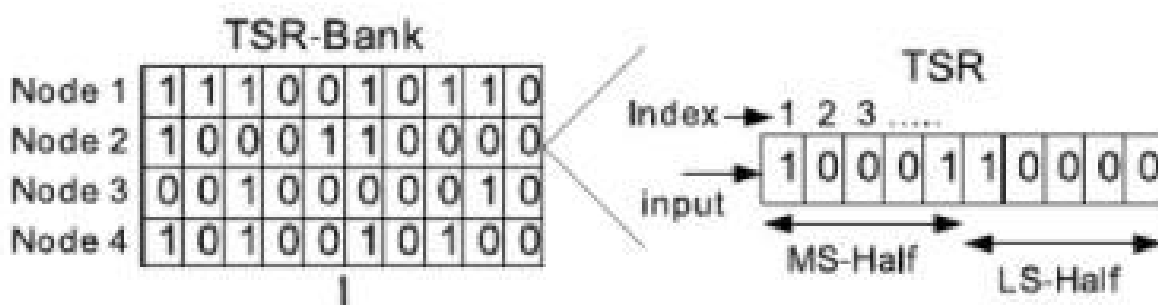
Una red inalámbrica de sensores de área corporal (WBASN) exige protocolos de energía ultra baja y eficiencia energética. La capa de control de acceso medio (MAC) juega un papel fundamental para la gestión de energía en WBASN. Además, la escucha inactiva es el desperdicio de energía dominante en la mayoría de los protocolos MAC.

WBASN exhibe una amplia gama de variaciones de tráfico basadas en diferentes datos fisiológicos que emanan del paciente monitoreado. Para hacernos una idea, podemos poner el ejemplo de la tasa de datos de

un electrocardiograma, la cual es varias veces mayor en comparación que la tasa de temperatura corporal. En este contexto, se ha creado un nuevo protocolo MAC dinámico consciente del tráfico (TAD) energéticamente eficiente para WBASN. El protocolo se basa en la adaptación dinámica del intervalo de activación basado en un banco de registros de estado del tráfico. La técnica propuesta permite que el intervalo de despertar converja a un estado estable para tasas de tráfico fijas y variables, lo que se traduce en un consumo de energía optimizado. Se ha comparado con otros protocolos de eficiencia energética de tres chips de radio ampliamente utilizados. **Los resultados muestran que TAD-MAC supera a todos los demás protocolos con tasas de tráfico fijas y variables.**



Ej. de: **Banco de registro de desplazamiento de tráfico**



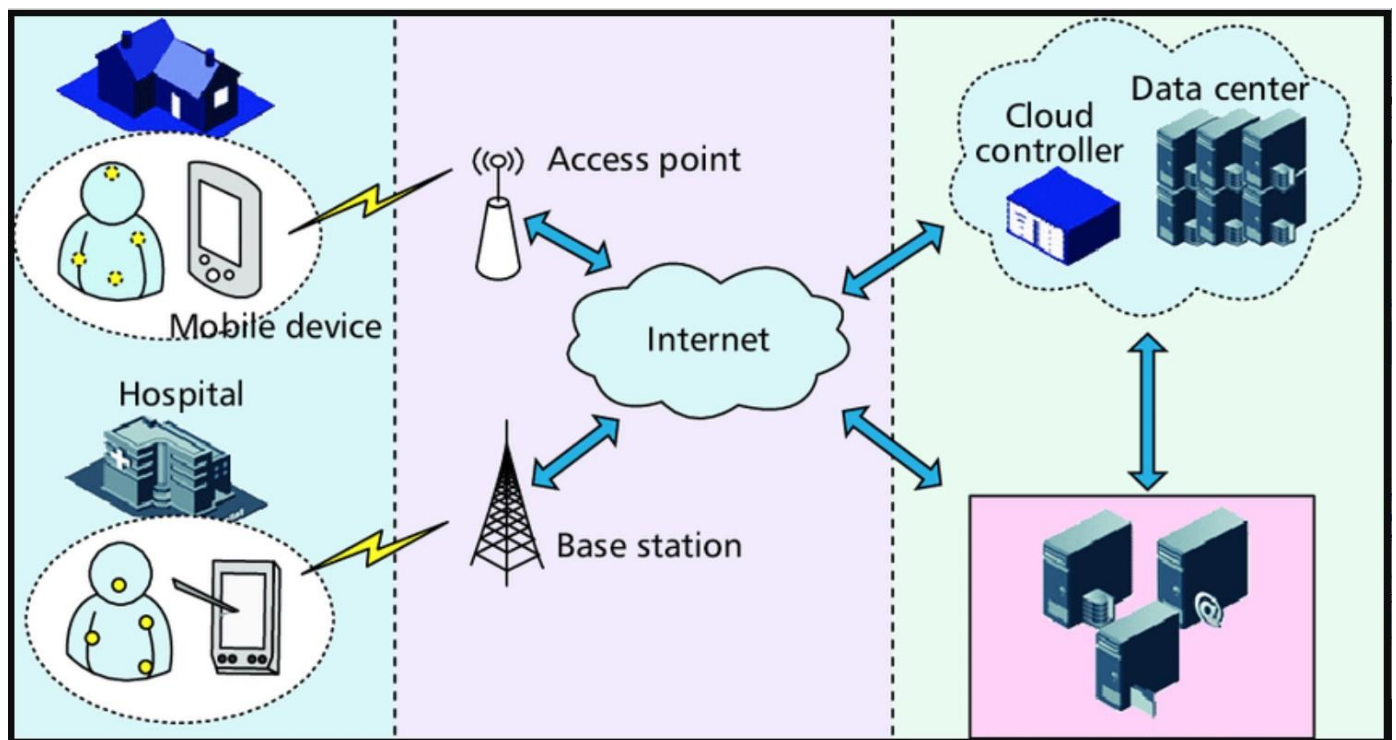
Ej. de: **Tabla de tráfico de datos**

Variable Traffic Packet Every(s)	Convergence Speed (No. of Wake-Ups)	TSR Length
0.5 - 1.0 - 1.5	7 - 14 - 16	4 - 6 - 8
0.5 - 1.0 - 2.0	7 - 14 - 18	4 - 6 - 8
0.5 - 1.0 - 10.0	7 - 14 - 15	4 - 6 - 12
1.5 - 1.0 - 0.5	17 - 4 - 16	6 - 6 - 4
2.0 - 1.0 - 0.5	15 - 10 - 16	6 - 6 - 4
10.0 - 1.0 - 0.5	38 - 10 - 16	10 - 6 - 4

## Nanored de área corporal (BANNET) Diseño de pila de protocolo de recolección de energía para Body Area Nano-NETwork

Debido a las limitadas capacidades computacionales y de comunicación de los nanodispositivos, así como a su escasa disponibilidad de energía, el diseño de potentes sistemas BANNET ha representado una actividad de investigación muy desafiante en los últimos años.

Las nano-redes de área corporal (BANNET) consisten en nano-máquinas integradas, difundidas en el cuerpo humano para recopilar información de diagnóstico y ajustar tratamientos médicos. Dotados de capacidades de comunicación, estos dispositivos nanométricos pueden interactuar entre sí y con el mundo micro/macro externo, lo que permite servicios avanzados de atención médica.(p. ej., tareas terapéuticas, monitorización, detección biológica, análisis, telemedicina, etc.)



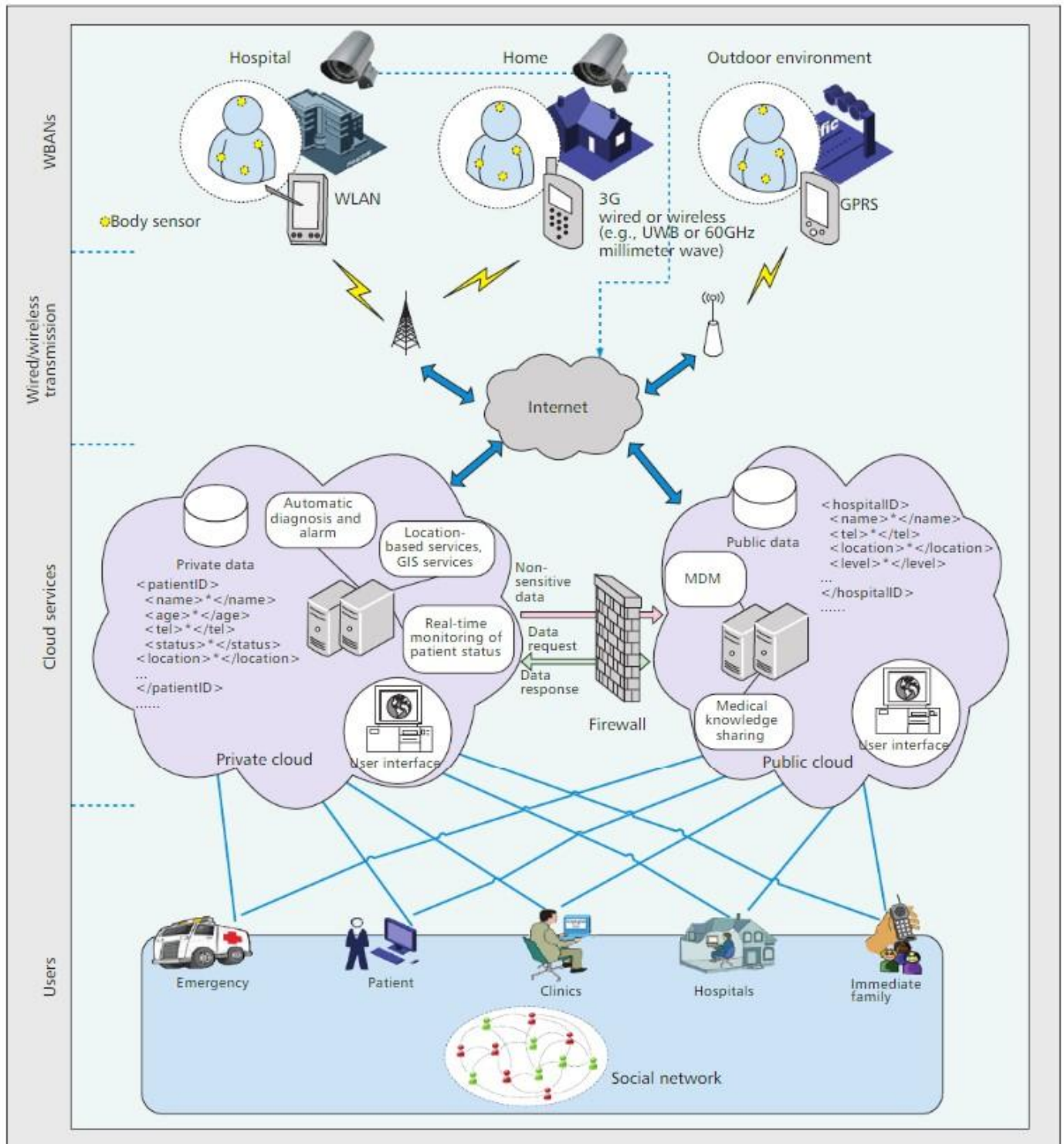
Se propone una arquitectura de red jerárquica, que integra un BANNET y un sistema de monitoreo de atención médica a macroescala y dos sistemas de recolección de energía diferentes pilas de protocolos que regulan la comunicación entre nanodispositivos durante la ejecución de aplicaciones nanomédicas avanzadas.

**Los resultados favorables en referencia a la eficacia de las soluciones ideadas y la comparación con la técnica común de comunicación basada en inundaciones allanan el camino para futuras actividades en los campos de investigación de la Internet de las Nanocosas (IoNT) y la Internet de las cosas médicas (IoMT).**

## Red inalámbrica de área corporal (WBAN) y computación en la nube móvil (MCC)

Las redes de área corporal inalámbricas habilitadas para la nube esperan lograr una atención médica masiva generalizada.

La computación móvil en la nube (MCC) se está convirtiendo gradualmente en una tecnología prometedora, que proporciona una pila flexible de servicios masivos de computación y almacenamiento de forma escalable y virtualizada a bajo coste. Se espera que la integración de las WBAN y la MCC facilite el desarrollo de sistemas de salud generalizados rentables, escalables y basados en datos, que deben ser capaces de realizar un seguimiento de la salud a largo plazo y un análisis de los datos de los pacientes en diferentes entornos.

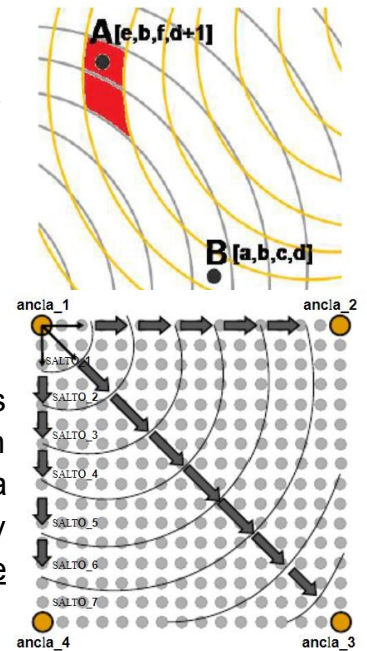




## CORONA: un sistema de coordenadas y enrutamiento de paquetes para nanoredes

El sistema desarrollado (2015) es un conjunto de coordenadas y rutas que puede desplegarse dinámicamente en una nanored ad-hoc 2D. Los nodos seleccionados por el usuario se utilizan como puntos de anclaje en la fase de configuración. A continuación, todos los nodos miden sus distancias, en número de saltos, desde estos anclajes, **obteniendo una posición de geolocalización**. En la fase de operación, el trazado emplea el subconjunto apropiado de anclas, seleccionado por el remitente de un paquete.

CORONA requiere una configuración mínima y cálculos simples basados en números enteros, imponiendo requisitos limitados para un funcionamiento fiable. Una vez desplegado, funciona de forma eficiente, con una tasa de retransmisión y pérdida de paquetes muy baja, lo que favorece la eficiencia energética y la multiplicidad de medios.



### CORONA Additions

SETUP 1/0 (1-bit flag)    ANCHOR\_A (2-bit flag)    ANCHOR\_B (2-bit flag)

### Standard Packet Fields

N\_HOPS

{SOURCE}

{RECEIVER}

Meaning of Flag Combination		
0	0	SET_ANCHOR_1
0	1	SET_ANCHOR_2
1	0	SET_ANCHOR_3
1	1	SET_ANCHOR_4

NODE MEMORY	
ANCHOR_ID	NHOPS
00	int
01	int
10	int
11	int

**Se ha presentado un enfoque para abordar el enrutamiento geográfico en las nanoredes con una técnica para asignar direcciones en una nanored en forma de sistema de coordenadas.**

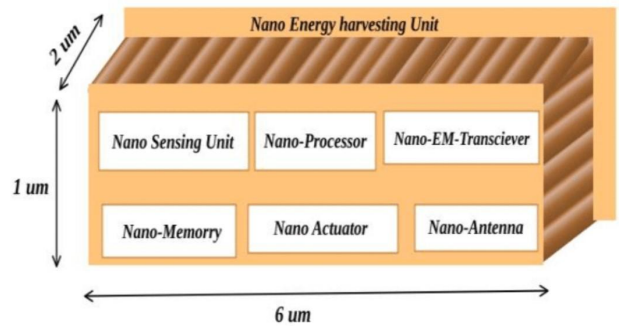
Cada nanomáquina obtiene sus propias coordenadas de forma dinámica durante el proceso. Esta información de "direccionamiento" asignada a cada nanomáquina **puede no ser única**.

**Puede ser compartida por todos los nodos de la misma área.**

## Nano-nodos: Wireless Nano-Sensors Network (WNSN) Red Inalámbrica de Nanosensores

Los avances en nanomateriales y nanotecnología han allanado el camino para la construcción de dispositivos integrados con un tamaño nanométrico, denominados **nanonodos**. Estos nanonodos están compuestos por nanoprocesador, nanomemoria, nanobaterías, nanotransceptor, nanoantena y nanosensores, que operan a escala nanométrica. Son capaces de realizar tareas simples, como detección, computación y actuación.

La interconexión entre microdispositivos y nanonodos/nanosensores ha permitido el desarrollo de un nuevo estándar de red, denominado **Wireless Nano-Sensors Network (WNSN)**.



### Eficiencia energética en nanosensores para recolección de datos en nano-redes inalámbricas para el cuerpo humano

Las redes inalámbricas de nanosensores o Wireless Nano-Sensors Network (WNSN) representan una clase de modelo de red emergente e importante para percibir información en la nanoescala. El almacenamiento de energía extremadamente limitado en los nanosensores requiere el diseño de protocolos energéticamente eficientes (por ejemplo, esquemas de recopilación de datos) para tales redes. Se han desarrollado diseños de esquemas de recolección de datos con eficiencia energética en una WNSN que opera en el cuerpo humano, es decir, Nanored de Área Corporal (BANN).

Se ha presentado una estructura de recopilación jerárquica (es decir, nanointerfaz-nanorouter-nanonodo) en la que la nanointerfaz recibe solicitudes externas y devuelve los datos solicitados, el nanorouter recopila datos de nanonodos y los nanonodos recopilan datos del cuerpo humano.

En el proceso de recogida de datos, cada nanorouter primero activa los nanonodos en una región rectangular centrada en sí misma con longitud  $l$  y ancho  $w$  (es decir, región de activación) y obtiene el nivel de energía disponible de cada nanonodo en esta región. Luego, cada nanorouter selecciona el nanonodo con la mayor energía disponible en la región de activación para devolver los datos solicitados. Finalmente, se proporcionan los resultados de la simulación para ilustrar el desempeño de nuestro esquema en términos de energía promedio disponible y pérdida de trayectoria.

**Wireless Nanosensor Network (WNSN)** es una colección de nanosensores inalámbricos que se comunican entre sí principalmente a través de moléculas (p. ej., células, bacterias, etc.) y ondas electromagnéticas. Un escenario de aplicación típico y prometedor de las WNSN es la Nanored de Área Corporal (BANN), donde los nanosensores se distribuyen en el cuerpo humano para medir todo tipo de parámetros corporales (p. ej., la presencia de glucosa en sangre, colesterol, agentes infecciosos, y todo tipo de parámetros médicos recaudados a través de biofluidos), los nanosensores recopilan esos datos, los comparan, y transmitir a entidades externas. Este tipo de redes es muy prometedor para diversas aplicaciones en el cuerpo, como el control de la salud, la detección de enfermedades y la liberación de fármacos.

## Nano-biochip microfluídico programable (p-BNC) para redes mHealth de sistema point-of-care (POC)

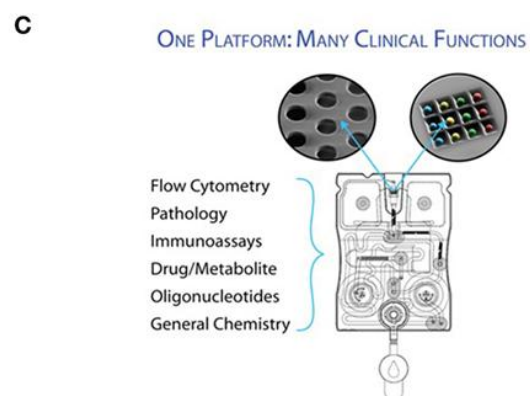
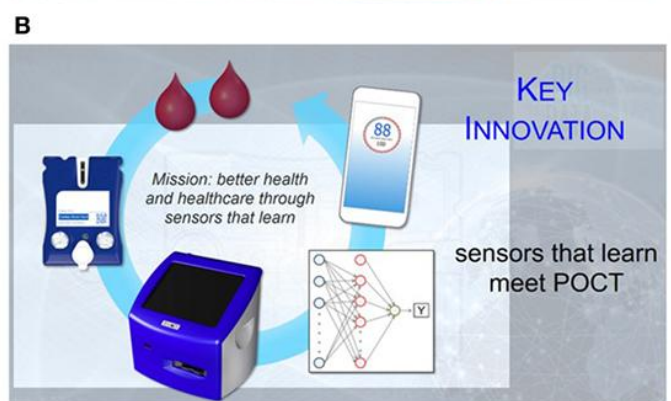
Este sistema de plataforma universal tiene la capacidad de digitalizar la biología, dando como resultado una modalidad de sensor con capacidad de aprendizaje. Con planes bien planificados de diseño, desarrollo y distribución de dispositivos, existe la oportunidad de traducir los descubrimientos de laboratorio en genómica, proteómica, glucómica, y los campos de la metabolómica al transformar el contenido de información de biomarcadores clave en firmas procesables. **El objetivo final es crear un puente entre la biociencia y la microfabricación.**

(A) Encontrar una manera de proporcionar a los pacientes y médicos la capacidad de seleccionar información de biomarcadores a través de pruebas de diagnóstico y luego usar el poder de procesamiento y la rica interfaz de los teléfonos inteligentes abre la puerta a un paciente más capacitado y un médico más experto en datos.

*[Los conceptos son relativos puesto que existen discrepancias ante tal hecho, ya que la automatización de decisiones clínicas basadas en datos, patrones, y parámetros, puede no ser considerado precursor de “un paciente más capacitado” y un “médico más experto en datos” sino todo lo contrario, puesto que el paciente carecerá de decisión ya que esta será tomada por un ordenador en base a algoritmos, y el “saber de sanador” de un médico perecerá transformándose en una especie de robot servil al sistema informático que dicta los pasos a seguir sin cuestionar].*

(B) El bio-nano-chip programable en el punto de atención (POC) incluye un analizador universal con interfaces mecánicas/ópticas integradas funcionales y una arquitectura de microchips flexible. Un cartucho moldeado por inyección encierra una matriz o membrana, donde se realizan inmunoensayos complejos y análisis celulares.

(C) Los nanomateriales y la microelectrónica se combinan y adaptan para implementación práctica de dos clases de minisensores (membrana para análisis celular y matriz de perlas para análisis de elementos solubles) que leen con sistemas de imágenes de alto rendimiento pero asequibles. Estos sistemas prometen -sin sacrificar rendimiento- capacidades POC de pruebas que tradicionalmente se completaban por sistemas mucho más grandes y costosos, confinados en laboratorios.



Ahora existe una gran oportunidad (2017) para que las nuevas tecnologías mejoren en gran medida la forma de análisis biológicos. Los microdispositivos médicos multiplexados y multiclase con capacidades de rendimiento mejoradas pueden ayudar a facilitar la traducción de biomarcadores a la práctica del mundo real. La integración de estas nuevas **plataformas con aplicaciones de salud móvil (mHealth)** puede capitalizar el hecho de que aproximadamente el 70 % de todas las decisiones médicas con respecto al diagnóstico, tratamiento y el ingreso hospitalario y el alta se basan en los resultados de las pruebas de laboratorio. Dado que la reforma de la atención de la salud se centra en el diagnóstico y la intervención temprana, los resultados de mHealth de calidad de laboratorio oportunos y precisos en el POC prometen una mayor calidad de atención al paciente, **más directa y automatizada**.

Estas innovadoras tecnologías POC tienen el potencial de servir como herramientas para una traducción más eficiente de los biomarcadores descubiertos.

El p-BNC es una de esas tecnologías de plataforma que combina **potentes algoritmos de aprendizaje automático** con capacidades únicas de detección química y biodetección.

Se ha eliminado la necesidad de fluidos externos como bombas, tubos y conectores puesto que todos los pasos de procesamiento se llevan a cabo dentro de la **red de microfluidos del p-BNC** mediante actuación dentro del analizador **sin intervención humana**.

El sistema p-BNC combina y adapta **nanomateriales y microelectrónica** para crear dos clases distintas de minisensores que leen con sistemas de imágenes de alto rendimiento pero asequibles. Combinados, los dos conjuntos de sensores p-BNC forman una plataforma modular compatible con posiblemente **las carteras de datos de analitos más grandes y diversas existentes en el mundo**. Esta plataforma está diseñada para usarse fuera de los entornos de laboratorio tradicionales, a un costo reducido, con un alto rendimiento analítico y clínico.

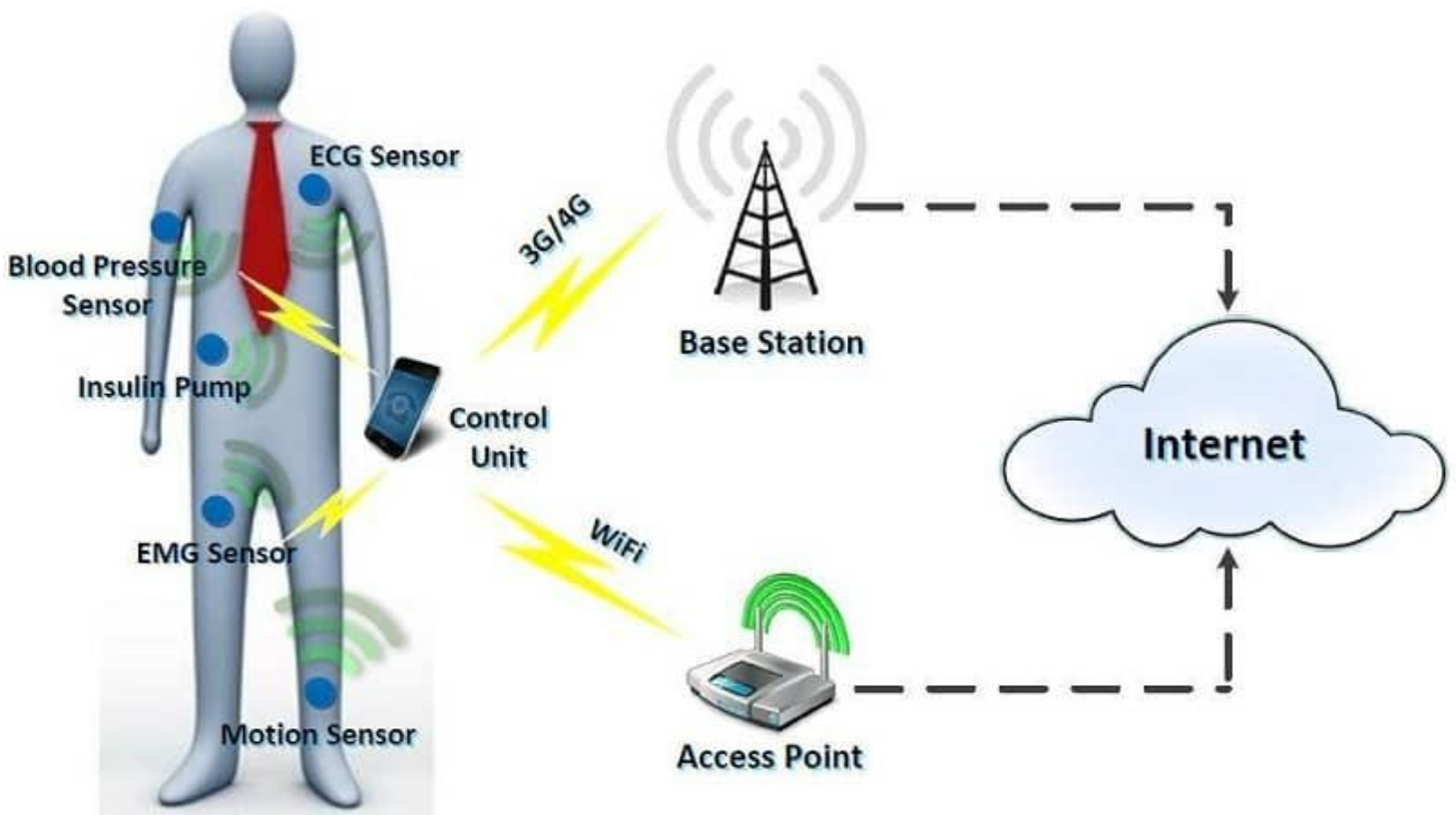
**Los ricos flujos de datos derivados de esta plataforma de biodetección habilitada para "Internet de las cosas" se pueden administrar con una base de datos novedosa, y las herramientas de mHealth se pueden integrar para inscribir a los pacientes, administrar y recopilar sus datos.**

### **Wireless Body Área NETWORK (WBAN)**

WBAN es una excelente herramienta de diagnóstico físico. La Red de Área Corporal tiene unos sensores que permiten monitorear nuestros signos vitales. También se le conoce como Red BAN. Su conexión es inalámbrica y se utilizan unos aparatos corporales que emiten una señal. La señal es enviada a una central de datos, que capta la información que ha recopilado de la persona.

Cuando hablamos de redes inalámbricas de área corporal o WBAN (Wireless Body Área Network) nos referimos a una red de comunicación inalámbrica entre dispositivos que se utilizan en el cuerpo. Estos pueden ser micrófonos, audífonos o sensores. La aparición formal de estas redes se remonta al año **2001**, para ese tiempo se trataba de un conjunto de nodos sensoriales conectados en el cuerpo de las personas, con el fin de medir la presión arterial, ondas cerebrales y frecuencia cardíaca.

## Wireless Body Área NETwork (WBAN) Redes inalámbricas corporales para el Internet de las cosas



Las redes de área corporal toman datos a través de sensores, ya sea que estén implantados en el cuerpo o en un dispositivo que el usuario lleve puesto. Los sensores son de baja frecuencia y no se sienten. Estos toman datos simples, como la frecuencia cardiaca, temperatura o tensión en el cuerpo, o complejos si los nanosensores son tipo biochips microfluídicos capaces de detectar y analizar multitud de reacciones químicas orgánicas a través de biofluidos..

**Una vez se toma la información puede dirigirse a dispositivos móviles u otros monitores externos a través de una red 3G, 4G, 5G, 6G, 7G, etc. y finalmente se guarda la información recolectada en el dispositivo.**

La estructura o arquitectura de las redes inalámbricas corporales se organiza en 3 estratos.

1. En el primero nos encontramos con los sensores que recopilan la información del sujeto de estudio. Los datos básicos por lo general son de temperatura, frecuencia cardiaca, tensión corporal u ondas cerebrales.
2. En segundo estrato tenemos el “coordinador de red de área corporal”, cuya función es procesar los datos suministrados en la fase uno e integrar los dispositivos de manera inalámbrica para luego sincronizarlos con un servidor.
3. El tercer estrato es el encargado de analizar a profundidad los datos para suministrar al usuario la información detallada a modo de diagnóstico al mismo tiempo almacenando esta información para el futuro.

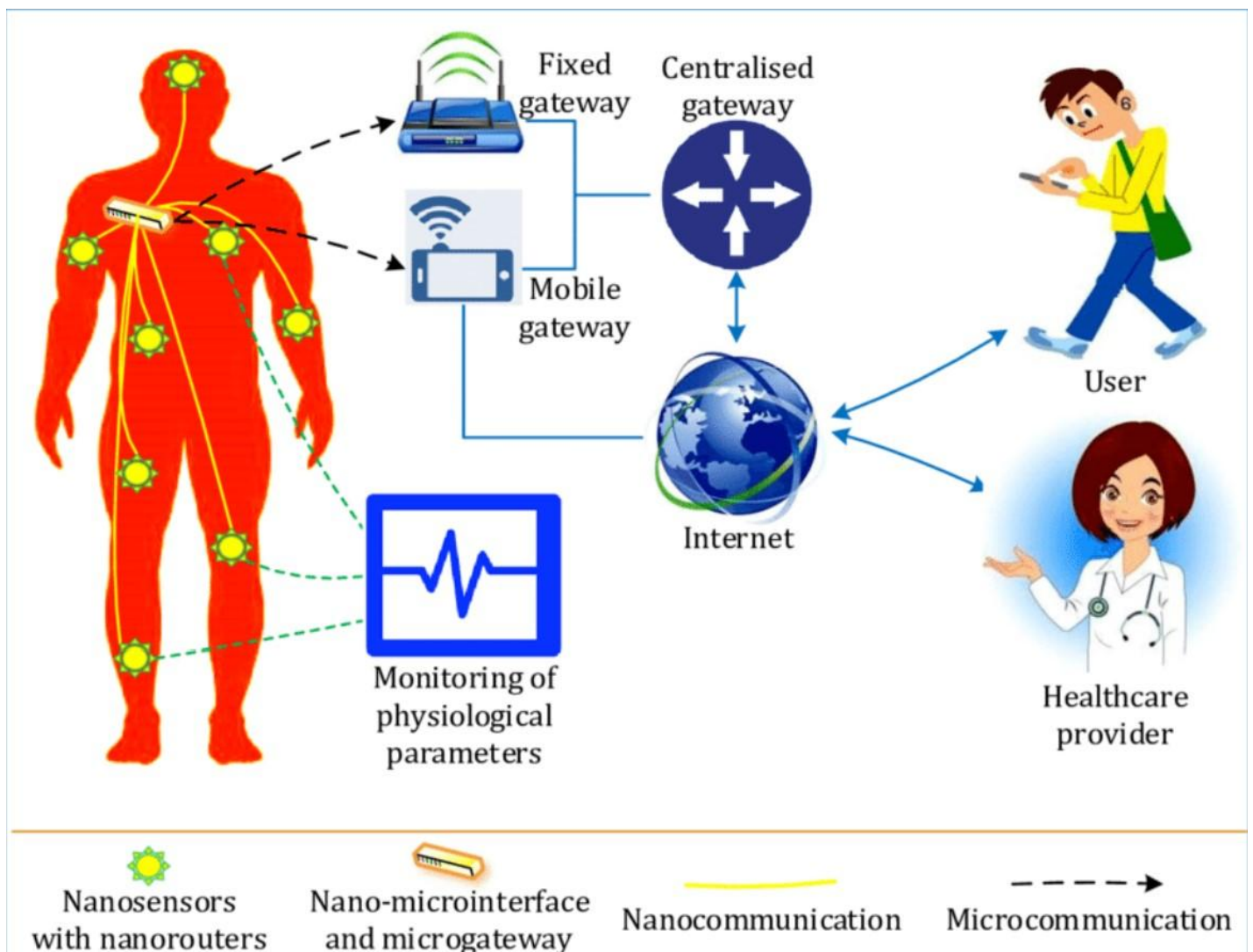
Con el paso del tiempo y la creación de nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica, la creación de sensores más precisos, algoritmos más eficientes para el correcto análisis de datos y la globalización de las redes de comunicación, poco a poco se ha ido normalizando el uso de dispositivos para la obtención de todo tipo de datos en nuestro cuerpo, las redes inalámbricas de área corporal se están volviendo cada vez más comunes en el mercado.

Hoy en día se ha estandarizado el uso de 'wearables' (tecnología vestible, dispositivos sensores externos de grandes medidas) con una amplia variedad de utilidades; existen relojes y pulseras inteligentes los cuales son los más populares entre estos dispositivos, a través de los cuales puedes monitorear el ritmo cardíaco, la presión arterial, contabilizar calorías quemadas por ejercicio físico y hasta medir los niveles de glucosa entre otras utilidades y la mayoría funcionan en sincronía con nuestro Smartphone, existen anteojos inteligentes con aplicaciones médicas, ropa inteligentes y gran variedad de sensores.

Al día de hoy, existen una gran variedad de aplicaciones que trabajan con los datos suministrados por las WBAN, estas las podemos instalar tanto en nuestros dispositivos móviles como Smartphone, SmartWatch o laptops, también las podemos conseguir para nuestro equipo de escritorio, la recolección de estos datos se usa para llevar un estudio médico continuo.

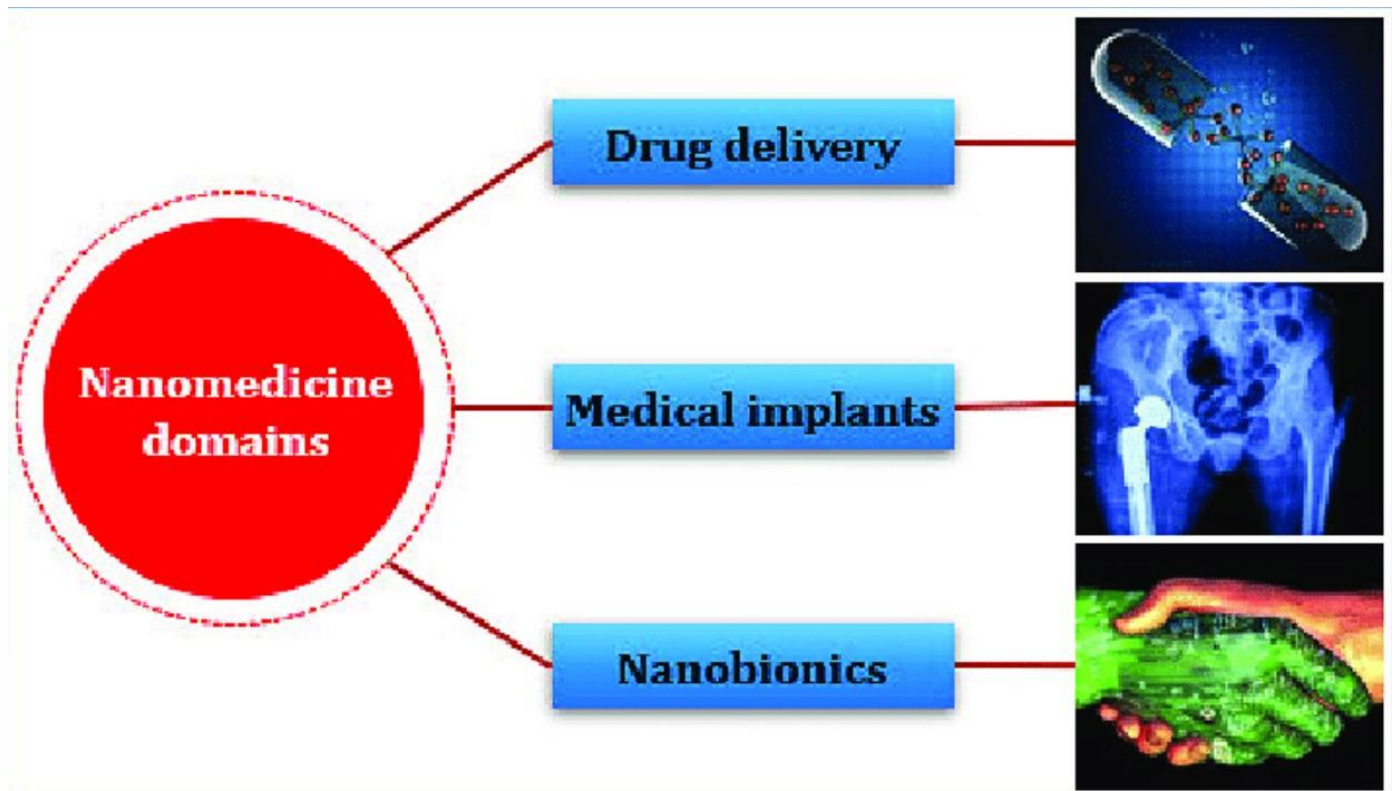
Las aplicaciones médicas cumplen la función para la cual originalmente se diseñaron este tipo de redes inalámbricas, que es la recolección de información importante para estudios médicos.

**Estos accesorios o nodos implantados en el cuerpo, han vuelto poco a poco una realidad aquello que hace tan solo unos años creíamos que se limitaba a la imaginación.**



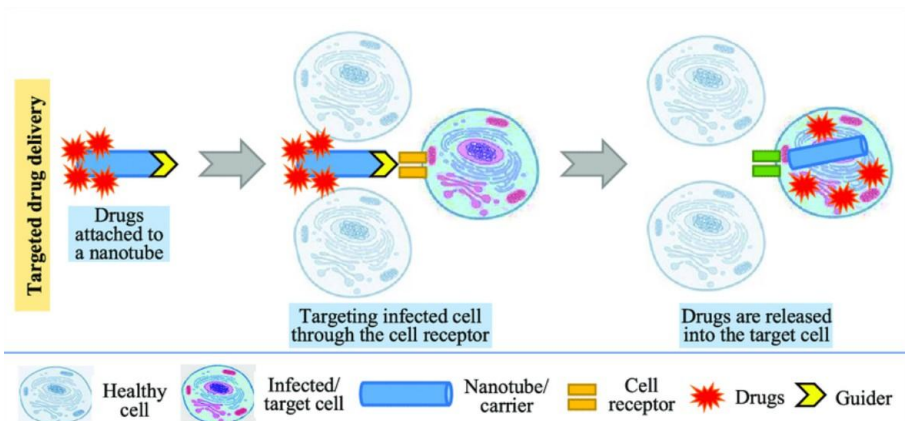
## El internet de las bio-nano cosas (IoBNT)

El sector de la salud es probablemente el más atraído por las aplicaciones de la nanotecnología. La nanotecnología, en forma de nanomedicina, nanoimplantes, nanobiosensores e Internet de las nanocosas (IoNT), tiene el potencial de generar un avance revolucionario en el campo de la medicina y los servicios de atención médica. Se están explorando ampliamente las posibilidades clínicas y médicas de estas diferentes implementaciones de la nanotecnología, y se ha proporcionado una descripción general completa de la nanotecnología, los biosensores, los nanobiosensores y la IoNT. También se han estudiado taxonomías multinivel de nanotecnología, nanopartículas, biosensores y nanobiosensores.



Las posibles aplicaciones médicas y clínicas de estas tecnologías son muy variadas. La IoNT tiene un papel fundamental en la asistencia sanitaria. Se han desarrollado arquitecturas generales de IoNT para el cuidado de la salud en conjunto con arquitecturas de IoNT de comunicaciones.

Los desafíos en la realización exitosa de IoNT también se están discutiendo amplia y críticamente, junto con una discusión especial sobre el Internet de las bio-nano cosas (IoBNT) y su potencial para hacer que IoNT sea más compatible con el cuerpo humano.



## Biochips microfluídicos nanosensores como elementos indispensables para instaurar el Internet de las bio-nano cosas (IoBNT)



El Internet de las bio-nano cosas (IoBNT) está basado en los biochips microfluídicos nanosensores analizadores de biofluidos.

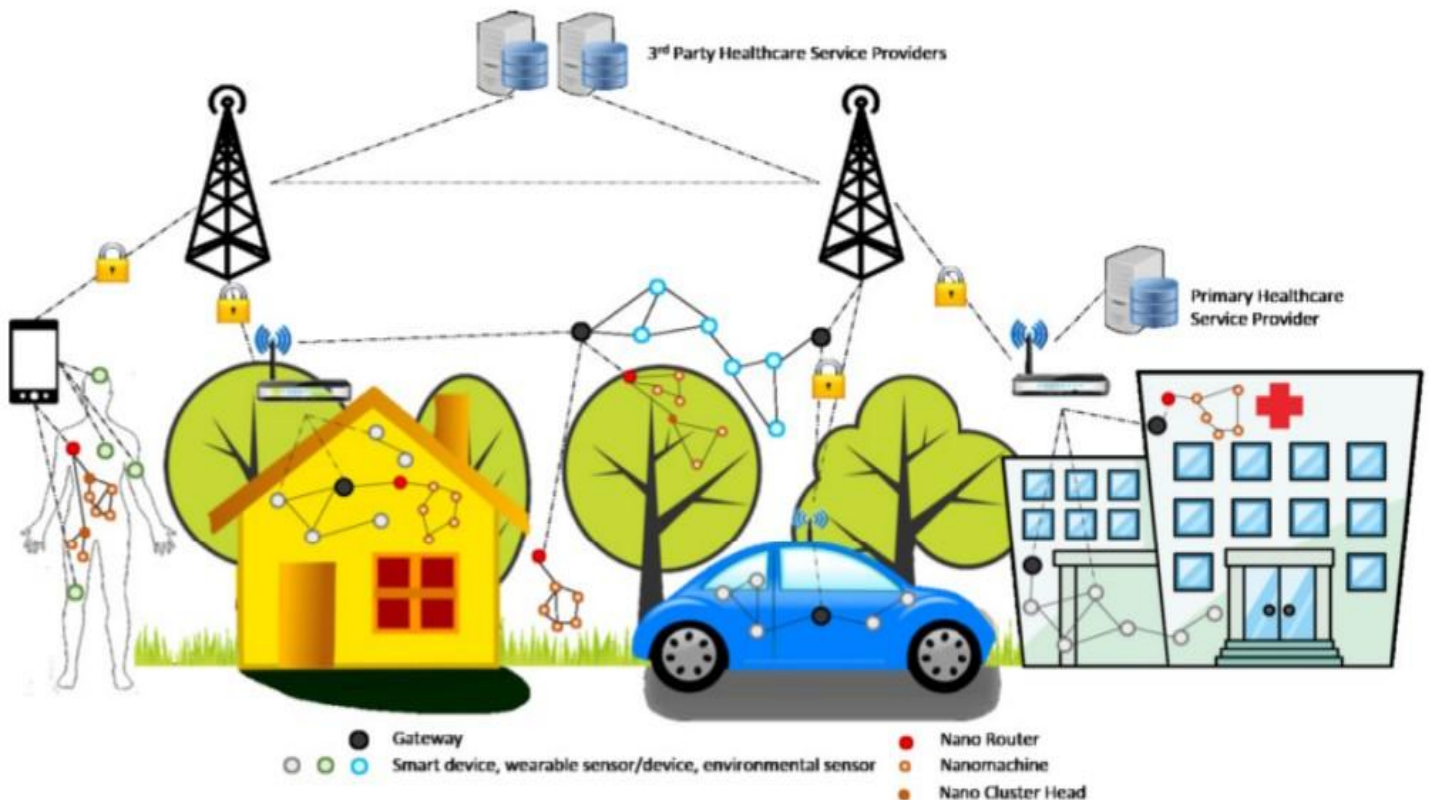
Estos exhiben múltiples posibilidades aplicables. Se han convertido en un pilar básico de la medicina diagnóstica y son imprescindibles para la instauración masiva global del Internet de las Nano-cosas (IoNT) en el cuerpo humano: (IoBNT).



**El Internet de las cosas (IoT - Internet of Things)**  
**El Internet de las Nano-cosas (IoNT), el Internet de las cosas Médicas (IoMT)**  
**&**  
**El Internet del todo (IoE - Internet of Everythings)**

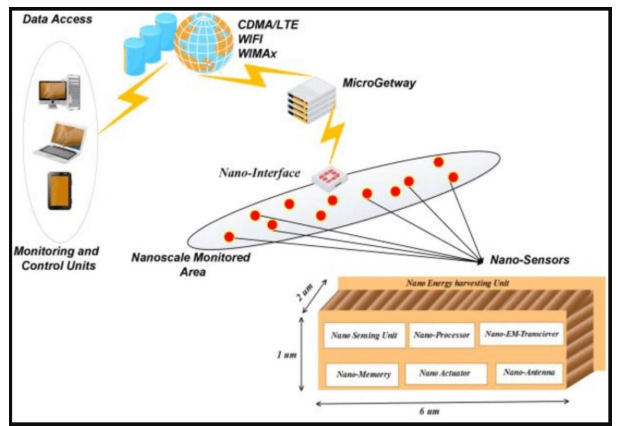
**Hacia la posthumanidad controlada por I.A**

Internet de las cosas (IoT) se trata de la conexión de dispositivos y objetos de la vida cotidiana a través de Internet. IoT permite integrar sensores y dispositivos con objetos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas. Los objetos que conformarán la red son variados: electrodomésticos, maquinaria industrial, vehículos, sensores biomédicos entre otros. En IoT cada objeto tendría su propia dirección de su proveedor de Internet. Esto indica que si tenemos objetos como partes de automóviles, cámaras conectados a Internet, o sensores biológicos, será más fácil su ubicación e identificación.

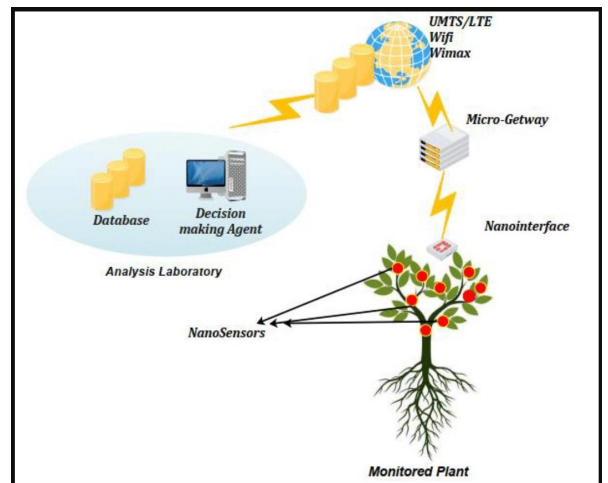


Con el pasar de los años, durante las crecientes innovaciones tecnológicas se ha visto como se han desarrollado distintos dispositivos electrónicos, los cuales han pasado de tener un tamaño significativo con características limitadas, a obtener un menor tamaño y con múltiples capacidades. Un ejemplo de ello son los teléfonos móviles, cámaras digitales (con capturas de 360°), nano-procesadores y sensores (temperatura, humedad, aceleración, proximidad, etc.). Este continuo avance en las tecnologías ha conllevado a un rápido crecimiento de los entornos inteligentes (oficinas, hogares, empresas, ciudades, etc.), comprendiendo diversos enfoques, principalmente con el supuesto propósito de mejorar la calidad de vida de las personas siendo desarrollado a través del control.

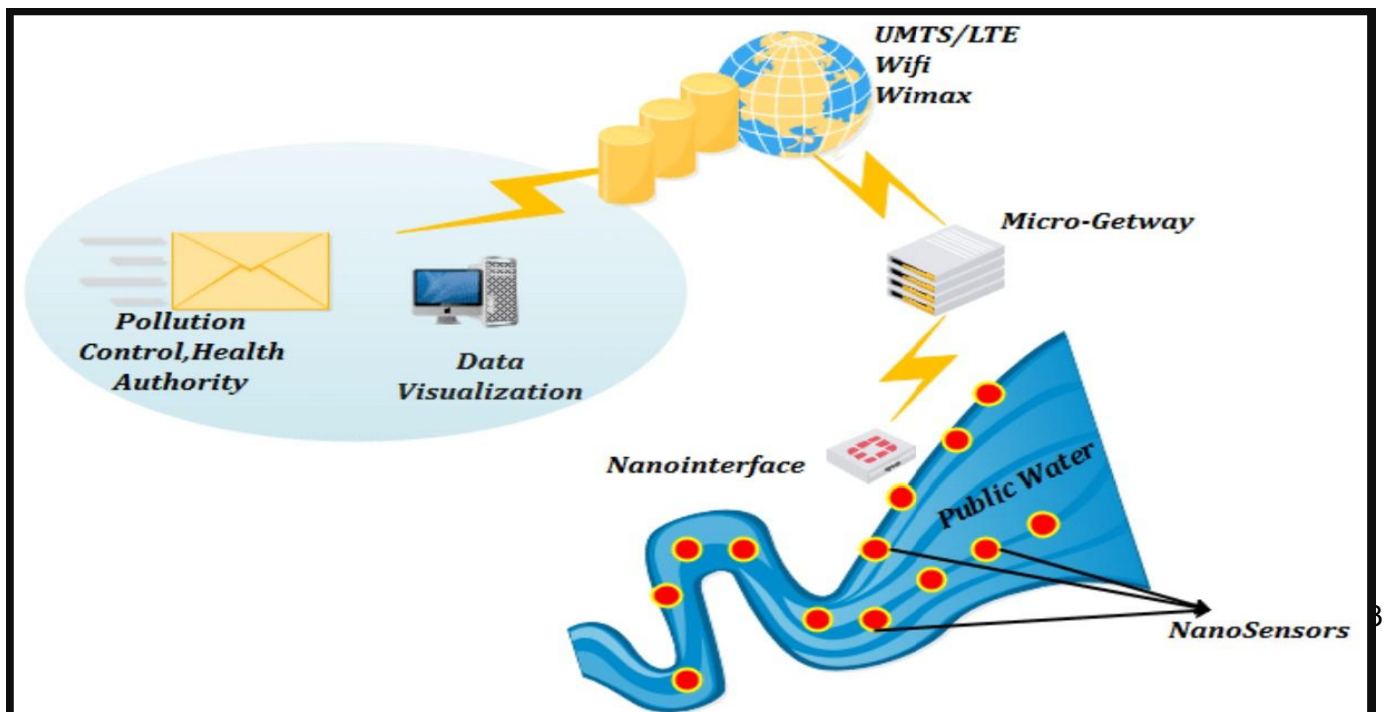
El crecimiento de los entornos inteligentes lo que sugiere es la interconectividad de las aplicaciones y el uso del Internet, por tal razón surge lo que se conoce como Internet de las cosas (IoT – Internet of Things), término que se le da a los dispositivos electrónicos de variados tamaños y capacidades que están conectados a Internet. IoT se ha convertido en el tema de investigación más importante en los últimos 10 años, cuyo objetivo se fundamenta en que los objetos cotidianos tengan capacidades de identificación, detección, interconexión y procesamiento para lograr comunicarse entre sí y con servicios a través de Internet para solucionar una necesidad específica y útil de las personas. A partir de IoT se comienza hablar sobre Internet del todo (IoE – Internet of Everything), el cual se basa en cuatro pilares fundamentales, como lo son las **personas, datos, procesos y cosas**, al contrario IoT que se compone únicamente de las cosas. El concepto de IoE se está ampliando a través del ingreso e implementación de IoNT, del que se puede decir que es la interconexión de dispositivos a nano-escala mediante el uso de redes. El IoNT nace como un nuevo paradigma de redes a partir de los avances presentados de forma simultánea entre la nanotecnología e IoT.



Por el crecimiento de las interconexiones entre los dispositivos y el desarrollo de nuevos aparatos electrónicos creados por medio de las nanotecnologías, entre otros campos, surgen diferentes desafíos en IoNT, en donde se tiene previsto un mayor control y seguimiento de la información. Algunos ejemplos de aplicación de IoNT son: el monitoreo de la salud intracorporal, suministro de fármacos, plagas en agricultura, control de contaminación atmosférica, o ataques biológicos y químicos.

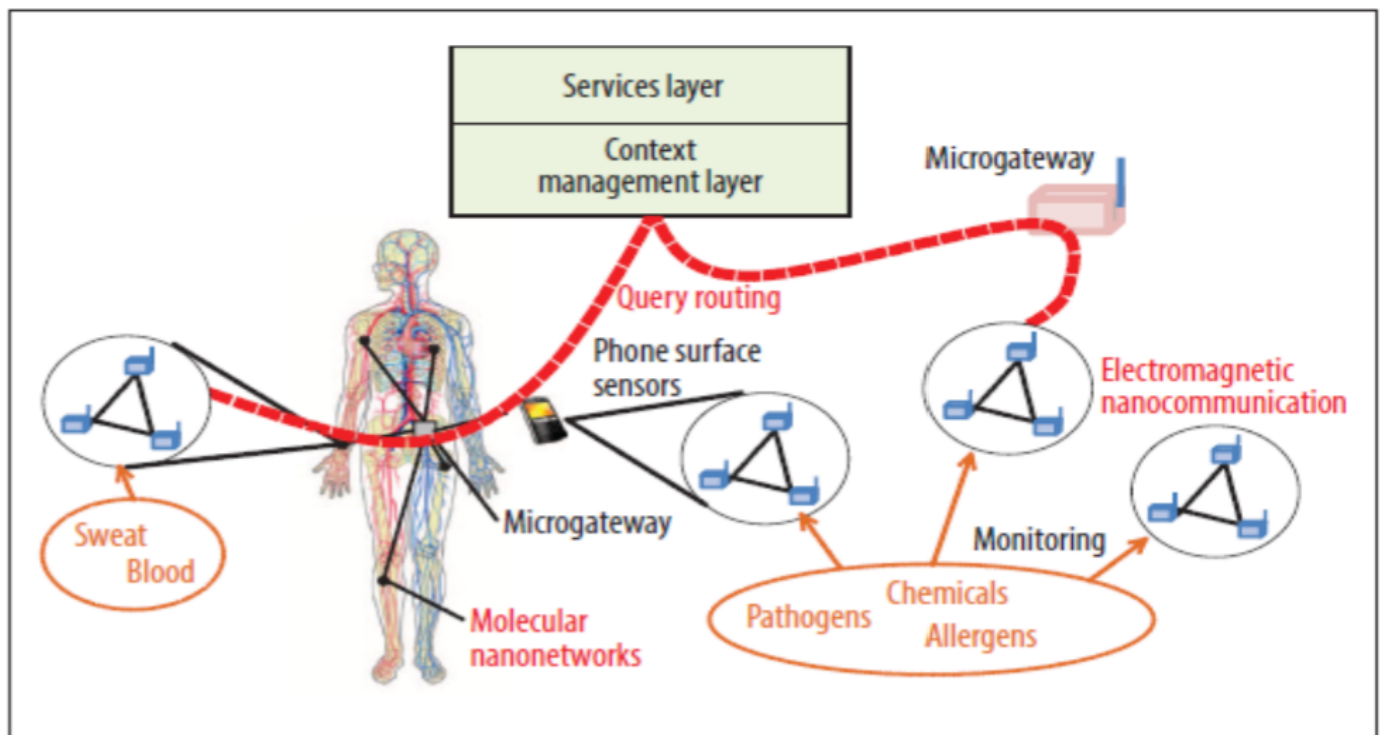


**La IoT se presenta como una forma de investigación relevante para la sociedad en común, con la capacidad de involucrarse en campos relacionados con el bienestar social.**



Los nano-sensores en el cuerpo humano podrían suministrar señales vitales y los nano-sensores ambientales podrían recolectar información de patógenos y alérgenos. Estas fuentes de datos permitirían diagnosticar y monitorear con mayor precisión.

Las nano-redes, y la interconexión de las nano-máquinas, ampliarán las capacidades de las nano-máquinas proporcionándoles una forma de cooperar y compartir información.



**Las nano-redes no son una simple extensión de las redes de comunicación tradicionales a la nano-escala. Son un paradigma de comunicación completamente nuevo, en el que la mayoría de los procesos de comunicación se inspiran en los sistemas biológicos encontrados en la naturaleza.**

**La comunicación molecular** es un nuevo enfoque para realizar comunicación entre nanomáquinas, está inspirada en los mecanismos de comunicación que ocurren entre las células vivas. Se define como la transmisión y recepción de información codificada en moléculas.

Estas nano-redes pueden representar la información transmitida como datos almacenados dentro de un componente de ADN (similar a un paquete IP) o en forma binaria. El valor binario generalmente representa una concentración de moléculas que se transmiten entre los nodos. Por ejemplo, 1 representa una concentración específica, mientras que 0 representa ninguna transmisión molecular.

**La comunicación electromagnética** es definida como la transmisión y recepción de radiación electromagnética (EM) a partir de componentes basados en nuevos nano-materiales.

La comunicación electromagnética (EM) es una de las formas de comunicación entre nano-dispositivos. Algunos ejemplos de los enfoques de comunicación EM incluyen la comunicación en la banda de frecuencia muy alta (VHF) (30-300 MHz) con receptores que utilizan nano-tubos de carbono mecánicamente oscilantes (radio de nano-tubos) y comunicación en la banda de Terahertz (THz) (0,1-10 THz) con receptores que utilizan, por ejemplo: **antenas plasmónicas basadas en grafeno**.

La banda Terahercios tiene como objetivo realizar la caracterización de la comunicación entre los nano-dispositivos, siendo la banda de frecuencia con las capacidades necesarias para el funcionamiento de las redes de nano-sensores. Se considera la banda de terahertz como parte esencial para el entendimiento de redes a nano-escala en la nano-comunicación electromagnética.

---

### G-WiNoC y GNA: nano-antenas de grafeno para el Internet de las nano-coasa

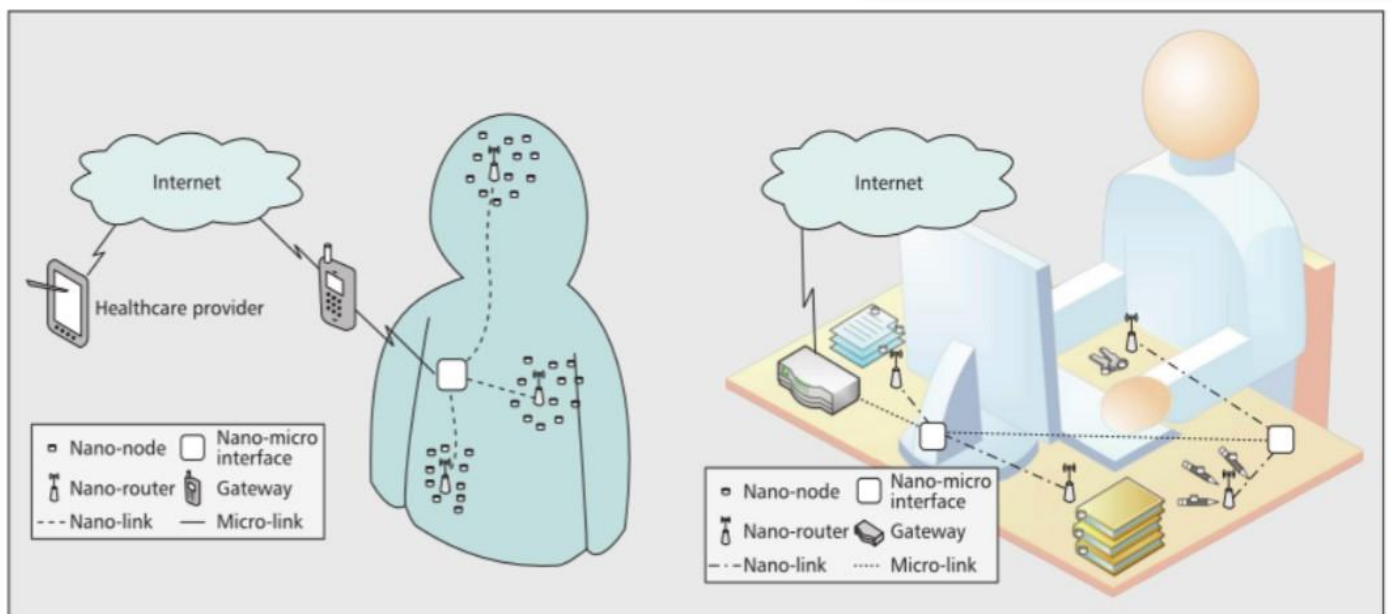
**Las comunicaciones entre nano-sensores de redes inalámbricas de área corporal se habilitan con nano-antenas de grafeno (Graphennas) en la banda de Thz.**

Uno de los principales desafíos hacia las crecientes aplicaciones de computación intensiva con requisitos de ancho de banda escalables es el despliegue de una gran cantidad de núcleos en chip dentro de un paquete de chip. La red inalámbrica en chip (WiNoC), está habilitada por nanoantenas de grafeno (GNA) en la banda de frecuencia de terahercios.

Aprovechando las propiedades de las nanoantenas basadas en grafeno (GNA), WiNoC ha adoptado las GNA para emplear nanocomunicación inalámbrica entre núcleos en la banda de THz. **El WiNoC habilitado con grafeno (GWiNoC) ayuda a reducir el retraso de propagación de la comunicación dentro del chip.**

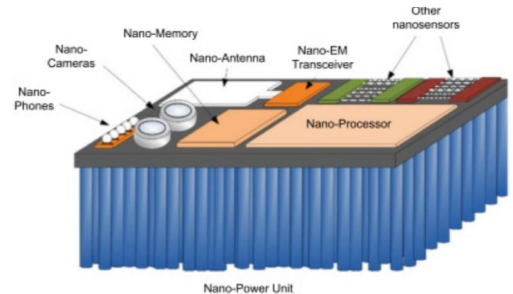
---

En la siguiente figura se presentan dos modelos de arquitectura de IoNT; del lado izquierdo de la figura las nanotecnologías intracorporales para aplicaciones sanitarias y del lado derecho la arquitectura para oficinas interconectadas.



Este nuevo paradigma de redes basado en la intercomunicación de nano-dispositivos, requiere de una serie de componentes para conformar un modelo de arquitectura de IoNT:

- **Las Nano-Antennas y Nano-Transceivers** se basa en el uso de los nano-materiales, lo cual ha generado que se puedan fabricar nano-antenas. Estas antenas son mucho más compactas que las antenas clásicas, se basan grafeno y tienen la posibilidad de trabajar en la banda de Terahertz.
- **Los Power Nano-systems** son nuevos modelos y técnicas de sistemas de baterías que permiten almacenar la energía de modo muy diferente a las baterías convencionales. Existe una técnica estudiada basada en el efecto piezoeléctrico donde se convierte la energía vibracional en electricidad. Consiste en un modelo de energía analítica el cual a partir de un nano-generador piezoeléctrico se desarrolla el proceso de recolección y consumo de energía.
- **Los Scalar nanosensors** son dispositivos competentes de una nueva generación de sensores. Utilizan propiedades de nano-materiales para identificar y medir eventos en nano-escala, tal como las características físicas en compuestos químicos, virus, bacterias o células.
- **Los Nano-Processor** son transistores de alto rendimiento, pequeños y con la capacidad de trabajar en frecuencias altas. La capacidad de procesamiento de un nano-procesador depende del número de transistores que contiene el chip.
- **Las Nano-Memories** o memorias de átomo único, son aquellas que cada bit de información requiere de solo un átomo.



### **CIA: Seguridad en las nano-redes (Confidentiality, Integrity, Availability)**

IoNT se encuentra vulnerable a todo tipo de ataques, ya sean físicos o por medio de las tecnologías inalámbricas, dado que este tipo de dispositivos no se encuentran con una constante vigilancia. Los ataques pueden producirse para adquirir datos privados a través del pirateo de sensores, interrupción de aplicaciones controladas por medio de ordenadores o modificación de los enlaces de comunicación entre las nano-redes.

Los objetivos de seguridad son una serie de conceptos que permiten garantizar la seguridad de los sistemas de comunicación. Se compone de la *confidencialidad*, *integridad* y *disponibilidad*, y son llamados **CIA (confidentiality, integrity, availability)**.

Para asegurar los objetivos de seguridad CIA y ampliar las soluciones de seguridad en IoNT, se deben considerar diversos mecanismos de control con el fin de establecer comunicaciones seguras en redes de nano-sensores, como:

- **Gestión de claves.** El establecimiento de claves simétricas en nano-redes de sensores inalámbricos / Wireless Sensor Networks (WSN) se denomina “gestión de claves”. El principal problema es que los nodos tienen una memoria limitada, lo que hace muy difícil que estos almacenen la información de las claves. El reto de seguridad en la gestión de claves de redes de nano-sensores se basa en cómo establecer las claves compartidas y de qué manera pueden ser revocadas en caso de ser necesario.

- **Control de acceso y autenticación.** La autenticación es un requisito previo para garantizar el objetivo de la confidencialidad. Cada uno de los mensajes que quieran ser enviados a un sistema de nano-comunicación debe pasar por una puerta de enlace y ser autenticado.
- **Localización segura.** En IoNT muchas de sus aplicaciones van a necesitar conocer la localización de los nano-sensores para realizar trabajos específicos. La localización puede ser una opción para la seguridad, donde la proximidad de los nano-sensores de forma física formaría parte de la autenticación.

## Protocolos de nono-redes

Algunos protocolos considerables son:

- **Asociación de Redes y Descubrimiento de Servicios**  
Son esenciales las soluciones para la asociación de redes y descubrimiento de redes. Con una estructura jerárquica de red no es necesario notificar a toda la red la existencia de un nuevo nano-nodo, y solo es necesario notificar al nano-router o al nano/microinterface más cercano.
- **Cuestiones de Confiabilidad**  
Debe existir una confiabilidad garantizada extremo a extremo para todos los mensajes que van desde un centro de mando hasta cada uno de los nano-nodos.
- **Direccionamiento de nanomáquinas**  
-Esquemas de direccionamiento que capturan y explotan la jerarquía de la red.  
-Aplicaciones donde no es necesario obtener información de una nano-cosa específica, sino de cualquier nano-cosa.  
-Estrategias para el descubrimiento de vecinos que exploten la alta directividad de las antenas terahertz para determinar simultáneamente la ubicación y orientación relativas entre los nano-objetos.
- **Canales compartidos**  
Desarrollar comunicaciones basadas en impulsos. En protocolos de Control de Accesos a Medios (MAC) asíncronos, donde un nano-nodo está preparado para enviar un paquete, transmitirlo y esperar algún tipo de acuse de recibido.
- **Enrutamiento de información**  
Se debe definir un sistema de comunicación basado en impulsos, y suponer que los nano-nodos conocen la distancia entre ellos. Por ejemplo, **“los diferentes nodos a la misma distancia del nano-router tendrán el mismo ID. Los vecinos de estos nodos, que podrían no haber oído el nano-router, simplemente tomarán una ID más alta y la difundirán. Por consiguiente, otros nodos tendrán ID más altos”.**

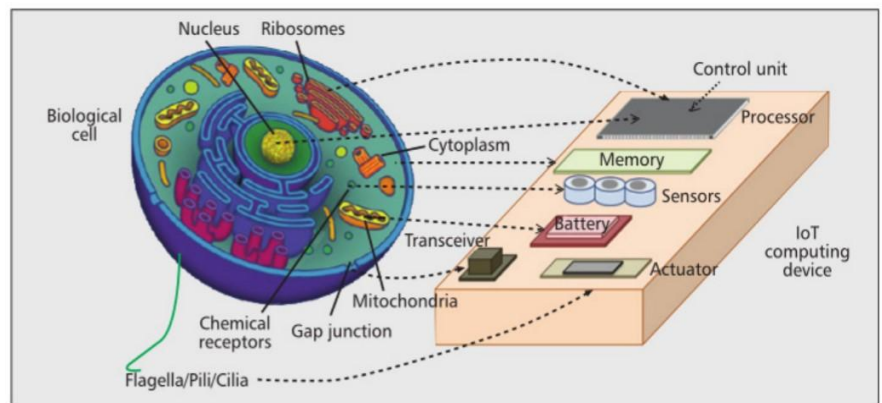
## Direcciones IP para todo

Después de todo lo expuesto anteriormente no es difícil darse cuenta de que la ubicuidad de la IoT casi que nos exige que la mayoría de los objetos cotidianos puedan ser accesibles a través de las famosas direcciones IP (Internet Protocol). La IPV6 (IP versión 6) sobre redes de sensores de área personal **6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks)** es un protocolo que proporciona compatibilidad de IPv6 con las redes de sensores. Se ha presentado una arquitectura que integra hardware y software, basada en redes heterogéneas 6LoWPAN. Está motivada por la necesidad de la fusión de una red de área corporal y una red de control de medio ambiente, para aplicaciones de monitoreo de salud. La conectividad a Internet se añadió a través del uso de un enrutador de borde, y permite acceder a cada nodo directamente desde cualquier lugar en Internet.

## El Internet de las bio-nano cosas (IoBNT): Hakeando la naturaleza

### Elementos de una célula biológica y componentes de IoT

Dentro del alcance del IoBNT, Bio-Nano Cosas se define como unidades estructurales y funcionales básicas que operan e interactúan dentro del ambiente biológico. Se espera que Bio-Nano Cosas, a partir de células biológicas, y habilitada por la biología sintética y la nanotecnología, realice tareas y



funcionalidades típicas de los dispositivos informáticos integrados en el IoT, tales como la detección, procesamiento, actuación e interacción entre sí. El dominio de IoBNT tiene la perspectiva sobre estructuras biológicas. Principalmente se basa en las células biológicas como parte de esas subestructuras de las bio-nano cosas. En la figura se observa cómo se lleva a cabo la comparación de elementos por parte de una célula biológica con los elementos o componentes que conforman un dispositivo electrónico. Por ejemplo, el núcleo de la célula con la unidad de control y el citoplasma con la memoria.

## El internet de la salud

### IoMT: el Internet de las cosas Médicas

El sistema de salud a nivel mundial tiende a cambiar, centrándose en la atención en el hogar, o atención a distancia. Las diferentes soluciones/ aplicaciones del IoT en la salud pueden ser sectorizadas en los servicios de:

- Telemedicina
- Emergencia
- Medicina preventiva
- Dispositivos biomédicos
- Medicación
- Salud en el hogar
- Redes sociales para la salud
- Paquetes farmacéuticos inteligentes

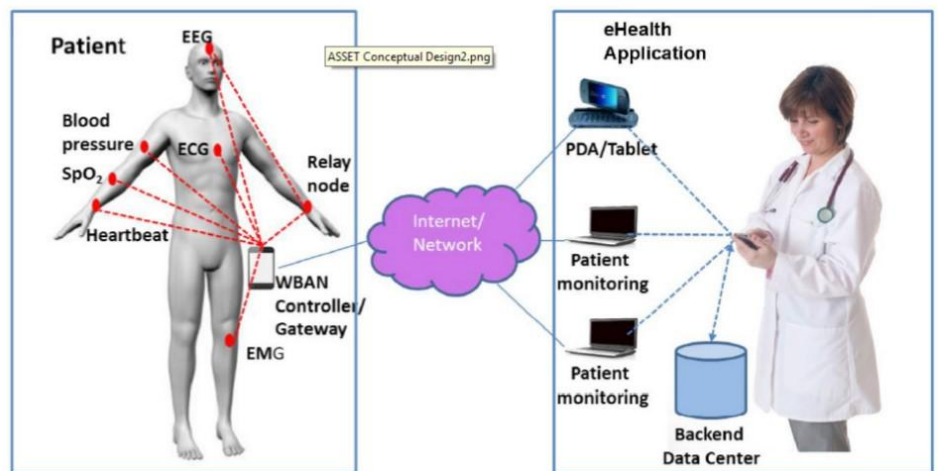
Entre las características fundamentales que ofrece IoT está el incremento de los nodos conectados entre sí, que al mismo tiempo se convierte en un gran reto para el desarrollo de nuevos protocolos de comunicación y actualización de topologías. Las redes de sensores (WSN, Wireless Sensor Network) cumplen muchos de los requisitos para la solución tecnológica del Internet de las cosas. Las WSN están conformadas por un conjunto de nodos esparcidos en un área determinada, comunicados de forma ad-hoc y pueden trabajar de modo cooperativo, esto permite que se incremente su aplicabilidad en casi todos los campos de la industria.

Las tecnologías inalámbricas para sistemas de sensado biomédicos incluyen:

- Red de área personal inalámbrica (WPAN)
- Wireless Body Area Network (WBAN)
- Redes sensores corporales (BSN)
- Redes de área corporal (BAN)
- Redes cuerpo médico (mBan)
- Red de área local inalámbrica (WLAN)
- Wi-Fi
- WiMAX
- ZigBee
- Bluetooth
- ANT
- ultrawideband (UWB)
- Cápsula endoscópica
- Implantables
- Sensores ingeribles
- Electrónica epidérmicas
- Vendas inteligentes
- Aplicaciones de teléfonos inteligentes
- Identificación por radiofrecuencia (RFID)
- Sistema de localización en tiempo real (RTLS)
- Sistema de posicionamiento en interiores (IPS)
- Otros

El IoT hace buen provecho de las tecnologías inalámbricas. Se han presentado arquitecturas que sirven como banco de pruebas para aplicaciones sobre redes de área corporal (BAN) y redes de sensores de área corporal (WSAN).

Es una red diseñada con dispositivos (nano-sensores biochips microfluídicos) de baja potencia incorporados en el cuerpo, a través de los cuales se controlan los movimientos realizados por este y sus parámetros vitales. Además, estos biochips se conectan a una red inalámbrica y transmiten



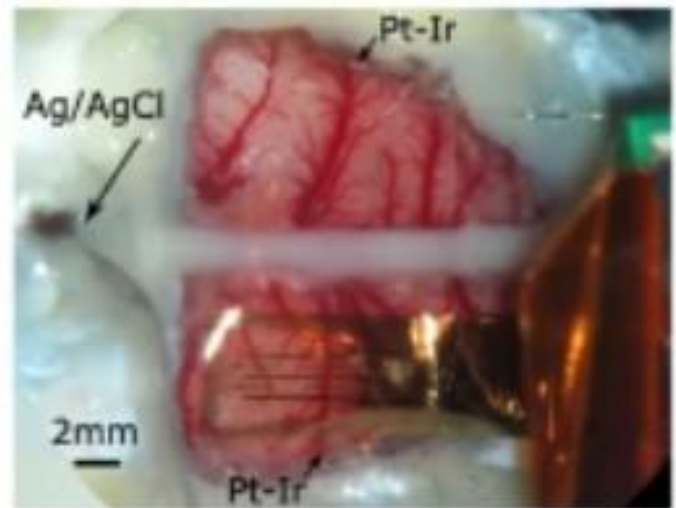
los datos a una estación de control y monitorización que puede estar controlada por I.A o I.H (Inteligencia Artificial o Inteligencia Híbrida) la cual puede proveerse -en un futuro cercano- su innecesidad de interacción con la opinión de una persona física humana para adoptar las decisiones oportunas en cada momento puesto que los procesos químicos terapéuticos de los biochips se automatizan en base protocolos patrónicos preestablecidos por algoritmos informáticos que responden a los procesos biofisiológicos dateados del organismo.

**Haciendo innecesaria la actividad humana en un futuro.**

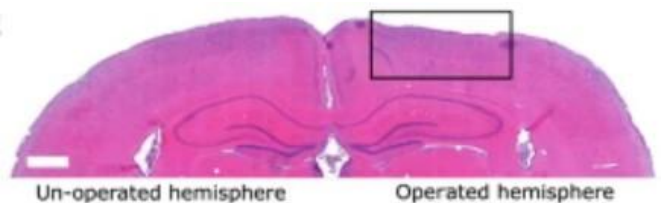


## El cerebro: el último bastión

Se ha creado un biochip cerebral que imita la compleja cadena de reacciones químicas que tienen lugar en el cerebro. El nuevo microlaboratorio (2008) debería ayudar a los científicos a comprender cómo las células nerviosas del cerebro trabajan juntas para formar el sistema nervioso. Las células nerviosas deciden en qué dirección crecer a partir de dos tipos de información química. El primer tipo consiste en información química que fluye hacia el entorno que te rodea. El segundo tipo proviene de la información química recopilada de superficies o sustratos cercanos. Cuando las neuronas dentro del biochip recibieron señales contradictorias, crecieron aleatoriamente, pudiendo así controlar el crecimiento de neuronas a través de un biochip microfluídico cerebral. El biochip consta de una red de diminutos canales para fluido dentro de los cuales los científicos pueden controlar con precisión el flujo de sustancias químicas. De



Biochip cerebral de grafeno



esta forma, podrán comprobar cómo reaccionan las neuronas ante diferente información transmitida por distintas combinaciones de compuestos químicos, tanto los inyectados a lo largo de los canales como los que recubren los canales, replicando de una forma más realista el entorno real en el que se encuentran las neuronas, el cerebro.

La capacidad de grabar y cartografiar todo el rango de señales cerebrales mediante sondas electrofisiológicas puede permitir un gran avance en la comprensión de las enfermedades cerebrales y facilitar el tratamiento clínico de los pacientes con diversos trastornos neurológicos.

Se han creado sondas neuronal flexible fabricada con **transistores de efecto de campo basados en grafeno (Field-Effect Transistor o FET)**, capaces de grabar todo el espectro de señales cerebrales, incluidos las de baja frecuencia. Esto demuestra la capacidad de estos dispositivos para detectar con alta fidelidad las marcas electrográficas propias del cerebro.

**La sonda neuronal de profundidad desarrollada con grafeno consiste en una matriz lineal de unos milímetros de longitud hecha de microtransistores integrados en un sustrato polimérico flexible de micrómetros de espesor.**

**Los dispositivos implantados proporcionaron durante semanas un registro de las señales cerebrales epilépticas con un gran ancho de banda y una resolución espacial extraordinaria.**

El desarrollo de neurotecnología basada en grafeno ha sido posible gracias a las capacidades de microfabricación.

El dispositivo es un conjunto de sensores activos de grafeno para el mapeo inalámbrico y a largo plazo de la actividad cerebral epicórtica de banda de frecuencia amplia.

Los sensores activos de grafeno han demostrado capacidades prometedoras para la detección de señales electrofisiológicas en el cerebro. Sus propiedades funcionales, junto con su flexibilidad, así como su estabilidad y biocompatibilidad esperadas, los han convertido en un bloque de construcción prometedor para interfaces neuronales de detección a gran escala. Se proporcionan herramientas fiables para aplicaciones de ingeniería biomédica y neurociencia. Se ha evaluado el rendimiento de matrices de sensores de grafeno de 64 canales en términos de homogeneidad, sensibilidad y estabilidad utilizando un escenario inalámbrico.

**Se ha demostrado la madurez de la tecnología basada en grafeno presentándose como un candidato prometedor para interfaces de detección neuronal crónicas de banda ancha de frecuencia.**



Aumentar el ancho de banda de las interfaces neuroelectrónicas en términos de resolución espacial y sensibilidad en un amplio rango de frecuencias es un desafío importante y continuo en la ingeniería neuronal. En las últimas décadas, se han dedicado grandes esfuerzos al desarrollo de interfaces de detección neuronal con alto número de sensores en los sustratos requeridos para sondas neurales intracraneales.

Los sensores activos de grafeno se han convertido en un bloque de construcción prometedor para las interfaces neuronales de gran ancho de banda porque pueden organizarse en una matriz multiplexada (conjunto de sondas de alto número de sensores).

**Los transistores de efecto de campo controlados por solución de grafeno (g-SGFET) han demostrado una alta sensibilidad para la detección de potenciales de campo locales y una alta sensibilidad para el mapeo de la actividad cerebral.**

## Biochip cerebral biosensor de inyección: NeuroSWARM3 Nano-nadadores de torrente sanguíneo

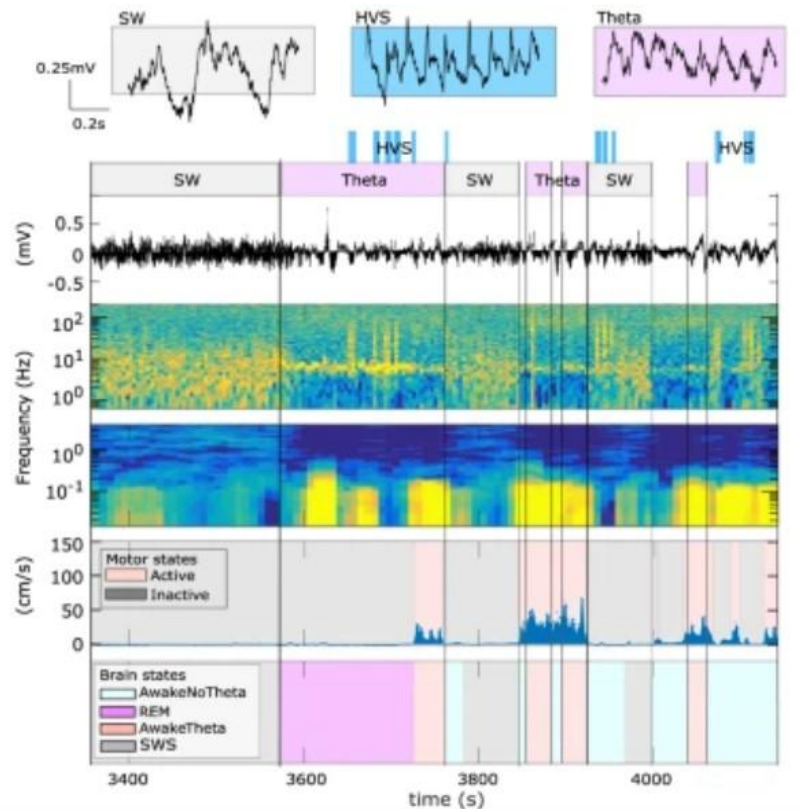
La red NeuroSWARM3 es una red de nanosensores del tamaño de partículas virales. Viajan a través del torrente sanguíneo para atravesar la barrera hematoencefálica. Una vez dentro del cerebro actúan como una nano-antenas, convirtiendo la actividad neuronal en señales ópticas que se pueden enviar de forma inalámbrica a dispositivos externos.

**NeuroSWARM3 puede convertir señales de la mente en señales que se pueden medir de forma remota para interconectar el cerebro con máquinas con alta precisión.**

La tecnología funciona mediante la utilización de señales eléctricas que las neuronas utilizan para enviar información entre sí. Esto sucede cuando los humanos hacen cualquier cosa, incluyendo moverse y pensar. NeuroSWARM3 es una nueva forma de monitorear esa actividad eléctrica.

La herramienta es lo suficientemente sensible como para capturar la actividad de las células cerebrales individuales.

La tecnología es similar a RFID (la tecnología de radiofrecuencia inalámbrica con la que por ejemplo se puede pagar por productos con un teléfono inteligente. Con RFID tienes una señal de dispersión inversa y luego lees una señal estática que te da un “código de barras”. En NeuroSWARM3 este código de barras es la señal electrofisiológica de la célula, pero no es estático, es variable, y se lee de forma inalámbrica.



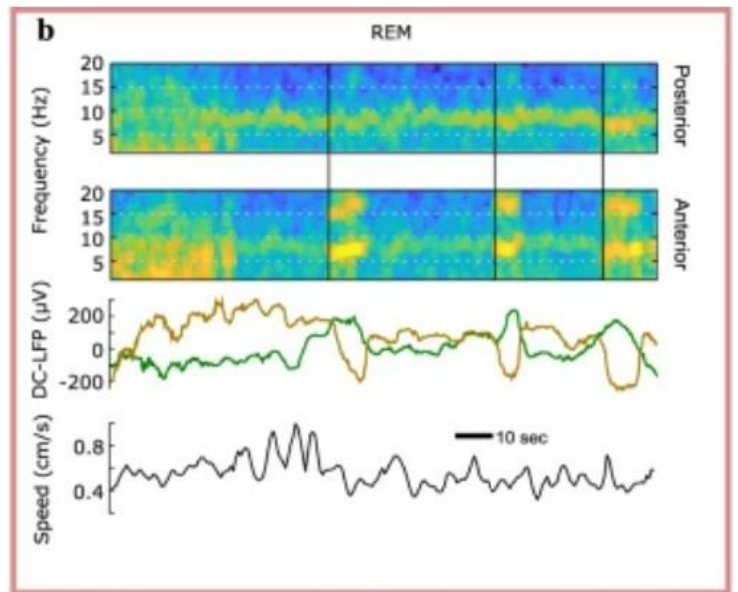
La tecnología opera a nanoescala y cada nanosensor de partículas incluye transferencia de energía inalámbrica, traducción electrónica de señales nerviosas y emisión de dichas señales. Debido a que los neurosensores pueden pasar a través de la barrera hematoencefálica, puede inyectarse directamente en el torrente sanguíneo para llegar al cerebro.

El procedimiento será mucho menos invasivo que tecnologías como Neuralink de Elon Musk, que requiere de un microchip implantado quirúrgicamente y un cable colgando en el lado del cráneo de una persona.

**NeuroSWARM3 no requiere cirugía ni implantes ni cables. Y las nanopartículas se admiten indefinidamente.**

Los sistemas de redes de sensores han sido ampliamente desarrollados en la última década, y se espera que estos nanodispositivos puedan hacer controlar a una persona, dispositivos externos con la mente. Así como brindar la capacidad de monitorización neurológica.

En un futuro próximo las redes de biochip nano-sensores inalámbricos harán que sea capaz leer la mente humana o hacer que el hombre se comunique con otros humanos solo con su mente. Se abre la puerta a la capacidad de comunicarse o intercambiar información con otros usando solo los sentidos.



### **Nuerocomputadoras: biocircuitos electrónicos hechos de neuronas**

Se están utilizando neuronas para construir circuitos de neurocomputadoras (2008). Se mejora la computacional manipulando las conexiones entre las neuronas. Se han utilizado neuronas para construir puertas lógicas -los componentes básicos de un circuito electrónico- que funcionan de manera constante y confiable. **Se reemplazan los semiconductores y los cables de un circuito electrónico tradicional con neuronas** que disparan sus señales eléctricas para transferir información entre las distintas partes del circuito. Este es el primer elemento de una futura neurocomputadora.

El sistema se basa en puertas lógicas biológicas. Para construir los alambres biológicos de las neuronas construyeron pequeños canales en una placa de vidrio. La placa de vidrio, a excepción de los canales excavados, está cubierta con un material que repele las células. Esto obliga a las neuronas a crecer prácticamente en fila, formando conexiones entre partes del circuito como si fueran "cables biológicos."

Cuando son estimuladas por una pequeña dosis de un compuesto químico, las neuronas comienzan a enviar señales a través del biocircuito.

Las neuronas de laboratorio alcanzaron hasta un 95% de utilización, lo que abre nuevos horizontes para el desarrollo de neurocomputadoras más eficientes.

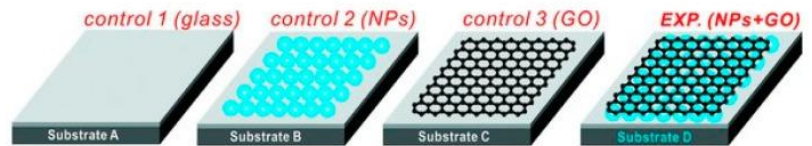
Ahora (2008) trabajarán en el desarrollo de nuevas puertas lógicas que permitan fabricar circuitos biológicos más complejos.

**En el futuro, componentes de este tipo podrán permitir la interfaz entre circuitos electrónicos y el cuerpo humano.**

## Grafeno y Grafeno funcionalizado

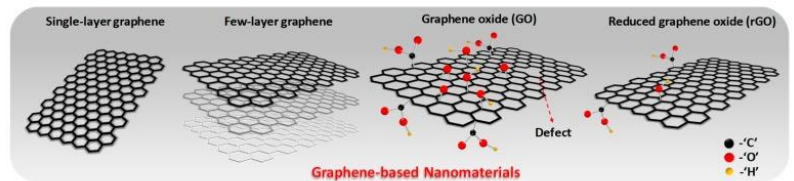
### La clave para la creación de interfaces neuronales híbridas

Durante los últimos años se han desarrollado algunas formas de sustratos con diversos materiales en busca de biocompatibilizar neuronas con nanopartículas. Los materiales

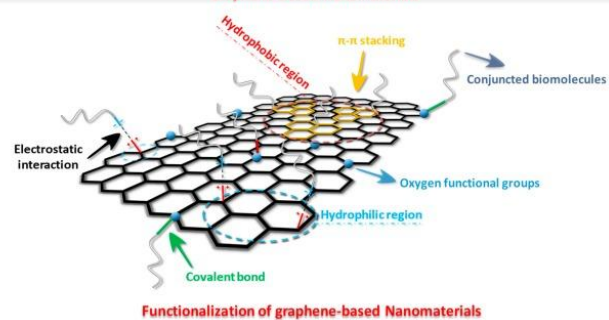


basados en grafeno han demostrado ser una herramienta útil para la realización de nuevas interfaces neuronales, creando mejores redes o mejorando las creadas con otros materiales.

**Las películas de grafeno ofrecen diferentes características en el crecimiento y maduración de neuronas corticales primarias.** Las aplicaciones biomédicas del grafeno representan un campo en continua expansión. Ya se están investigando las propiedades del grafeno en el Sistema Nervioso Central (SNC) y presentan una serie de desafíos, por lo que el desarrollo de nuevas herramientas que superen las tecnologías de última generación para la obtención de imágenes, la administración de fármacos, la regeneración neuronal y el registro y la detección eléctrica es uno de los principales objetivos modernos de la nanomedicina y la neurociencia.



Ya se están investigando las propiedades del grafeno en el Sistema Nervioso Central (SNC) y presentan una serie de desafíos, por lo que el desarrollo de nuevas herramientas que superen las tecnologías de última generación para la obtención de imágenes, la administración de fármacos, la regeneración neuronal y el registro y la detección eléctrica es uno de los principales objetivos modernos de la nanomedicina y la neurociencia.



Desde el desarrollo de materiales relacionados con el carbono, la nanotecnología ha tenido un fuerte impacto en una serie de aplicaciones que, entre muchas otras, incluyen:

- Administración de fármacos, genes y proteínas, para cruzar la barrera hematoencefálica (BBB) y llegar a áreas cerebrales comprometidas
- Técnicas neuroregenerativas para restaurar la comunicación célula-célula tras el daño mediante la interconexión de andamios de dos (2D) o tres (3D) dimensiones con células neurales
- Herramientas de diagnóstico altamente específicas y confiables, para la detección *in vivo* de biomarcadores de enfermedades mediante el etiquetado celular y el monitoreo en tiempo real de moléculas biológicas activas
- Monitorización y modulación de la actividad neuronal, mediante electrodos de alta sensibilidad para registros y plataformas basadas en grafeno para estimulación eléctrica local

Las interfaces neuronales basadas en grafeno ofrecen una amplia variedad de funcionalidades neuronales como grabación, estimulación y biodetección. Ya se han empezado a investigar para utilizar en el sistema nervioso central (SNC) para el etiquetado celular y el monitoreo de células vivas en tiempo real.

**La interfaz de grafeno con las células neuronales es extremadamente ventajosa para explorar el comportamiento eléctrico y facilitar la regeneración neuronal al promover el alargamiento controlado de los procesos neuronales.** Estas aplicaciones abren nuevas líneas de investigación en neuroterapéutica, incluyendo neurooncología, neuroimagen, neuroregeneración, neurocirugía funcional y cirugía de nervios periféricos.

### **Toxicidad en los materiales de la familia del grafeno**

Cabe destacar que los mecanismos comunes de citotoxicidad de las nanoláminas de grafeno se han informado en la literatura sobre diferentes tipos de células y, entre muchos otros, incluyen:

- La interacción física con las membranas celulares
- Alteración del citoesqueleto celular
- Estrés oxidativo debido a la producción de especies reactivas de oxígeno ROS
- Daño mitocondrial
- Introducción en el núcleo de las células y daños en el ADN
- Fragmentación cromosómica
- Roturas de cadenas de ADN
- Mutaciones y aberraciones cromosómicas
- Alteraciones oxidativas del ADN
- Apoptosis, necrosis, y autofagia (muerte celular)

Todos los compuestos de la familia del grafeno exhiben citotoxicidad. El grafeno, el rGO (óxido de grafeno reducido) y el grafeno hidrogenado, han demostrado mayor toxicidad aunque GO (óxido de grafeno). CNT (nanotubos de carbono) también muestran citotoxicidad en las células.

El grafeno funcionalizado con diversos polímeros exhibe menor toxicidad, pero sigue siendo un tema de preocupación. Además, los compuestos con los cuales suele ser funcionalizado, también exhiben sus propias características tóxicas, por lo que se debería investigar qué grado de beneficio puede aportar la disminución de la toxicidad del grafeno al funcionalizarlo, en comparación con el aumento de la toxicidad del compuesto al agregarle los funcionalizantes.

En el caso del SNC (Sistema Nervioso Central), los mecanismos de interacción de los GRM (materiales relacionados con el grafeno) con las neuronas y los astrocitos aún están poco investigados y no están claros.

Se han realizado pocos estudios en líneas celulares de tipo neuronal para estudiar los efectos tóxicos del grafeno en las neuronas.

**Por lo general, todos los materiales de la familia del grafeno incluso en nano-dosis inducen respuestas tóxicas en las células.**

## Nano-portadores de grafeno para atravesar la barrera hematoencefálica (BBB)

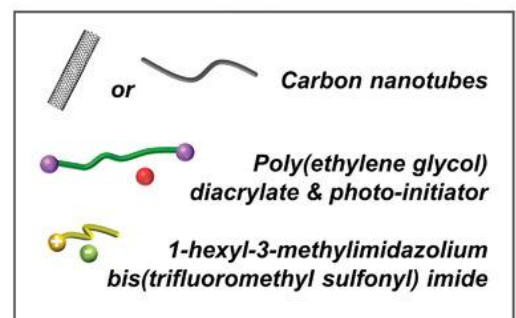
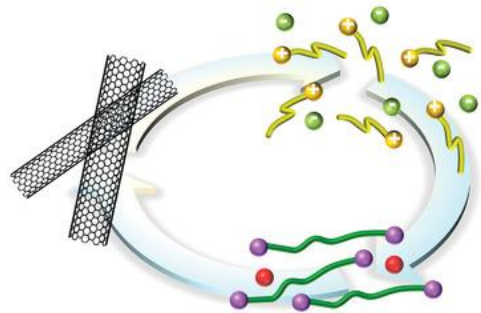
Una vez inyectado por vía intravenosa, el grafeno (G) se acoplará con iones, lípidos y proteínas, lo que dará como resultado la agregación del material y la formación de una corona biomolecular (conocida como corona de proteínas de pico, o spikes) que puede desencadenar respuestas inflamatorias y los macrófagos pueden fagocitar las nanoláminas, lo que induce la activación y liberación de citocinas proinflamatorias (tormenta de citocinas). Además, las nanoláminas de G pueden acumularse en el sistema retículo-endotelial en lugar de en el tejido al que están dirigidas. Las nanoláminas de rGO (óxido de grafeno reducido) también cruzan la BBB a través de una disminución transitoria en la rigidez paracelular de la BBB y se acumulan en el tálamo y el hipocampo.

Para ganar biocompatibilidad es común recubrir el grafeno con partículas de PEG (Polyethyleneglycol, también llamadas *partículas PEGilizantes* a diversas nanopartículas lipídicas de polímeros similares) en las entregas de ARN a las células.

### La funcionalización de rGO con PEG induce la ruptura de BBB y disfunciones de astrocitos *in vivo*.

Uno de los diversos enfoques para hacer que el grafeno cruce la barrera hematoencefálica (BBB), es aplicar ultrasonidos para abrir físicamente las uniones estrechas de la BBB y permitir que el sistema de administración del fármaco (ARN, proteínas, etc.) ingrese al cerebro.

**Se ha demostrado la utilización de óxido de grafeno funcionalizado con PEG (PEG-GO) como portador de fármacos al cerebro siendo una plataforma eficiente para atravesar la barrera hematoencefálica.** El PEG, como se ha mostrado anteriormente, es uno de los componentes de la lista de ingredientes de las vacunas Covid basadas en entrega de fármacos ARNm a las células.



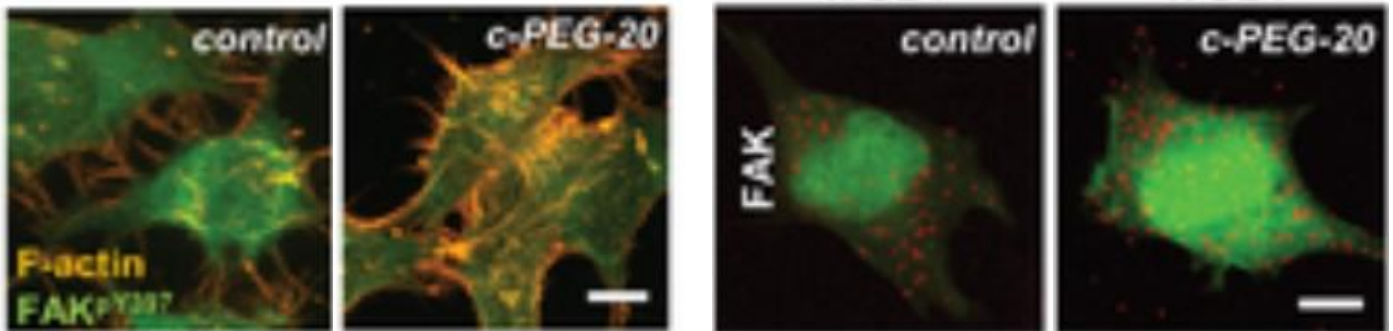
## Grafeno para ingeniería de tejidos

### Hidrogeles de CNT-PEG para creación de tejidos neuronales

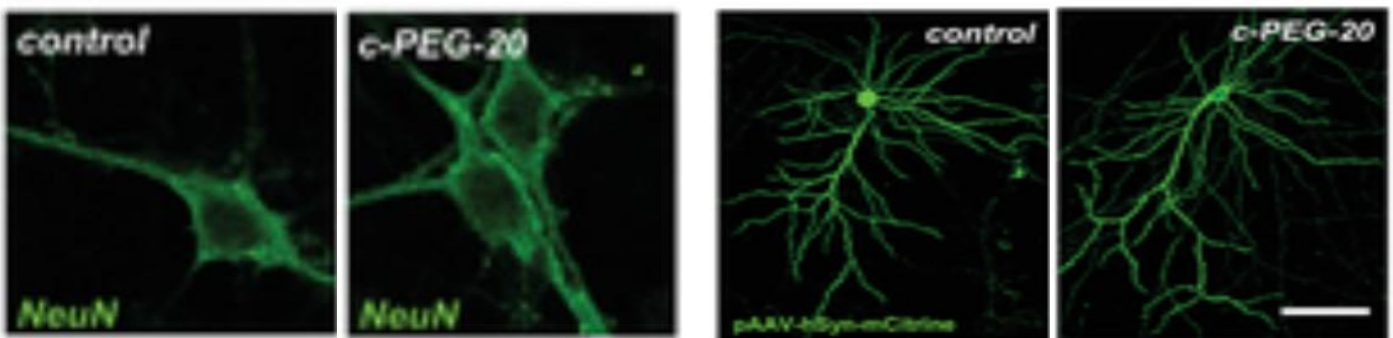
Debido a su química, la superficie del grafeno permite interacciones fuertes y no destructivas a nivel celular, que pueden mejorarse mediante una funcionalización química. Esto es particularmente cierto para los “soportes y andamios” basados en grafeno orientados a la reparación y regeneración de tejidos y, de hecho, ya se han mostrado resultados prometedores **para la ingeniería de tejidos neurales**. Existen técnicas neuroregenerativas para restaurar la comunicación célula-célula tras el daño mediante la interconexión de andamios de dos o tres dimensiones (2D o 3D) con células neuronales.

Aunque los materiales de la familia del grafeno exhiben una clara y alta toxicidad, también exhiben propiedades biocompatibles por lo que se siguen estudiando y utilizando como portadores de fármacos a las células y para atravesar la barrera hematoencefálica y derramar los fármacos en el cerebro. También para **crear tejidos biológicos y crear interfaces neuronales híbridas**.

Se ha estudiado el efecto de los compuestos de hidrogel CNT-PEG en la diferenciación neuronal, mostrando una adhesión celular aumentada en compuestos tipo c-PEG-x (*compuestos de Polyetileneglycol y nanotubos de grafeno CNT, donde X es la concentración de CNT en el líquido iónico, en este caso x=20*).



**En los compuestos de CNT-PEG la viabilidad celular aumentó cuanto mayor carga de CNT.**



Los nanotubos de carbono estimulan la diferenciación neuronal al transferir señales eléctricas y mejorar la excitabilidad neuronal. Los compuestos de CNT-hidrogel (preparados mediante la polimerización de poli(etilenglicol) alrededor de una malla de CNT) se consideran materiales potenciales capaces de combinar una alta conductividad eléctrica con biocompatibilidad para promover la regeneración nerviosa.

Los compuestos de CNT-hidrogel realmente influyen en la diferenciación y maduración neuronal facilitando la supervivencia a largo plazo. Las células madre neurales adultas cultivadas en los compuestos muestran una mayor proporción de neuronas astrocitos y una mayor conectividad sináptica.

Además, las neuronas primarias del hipocampo cultivadas en compuestos mantienen las características sinápticas morfológicas, así como su actividad de red neuronal.

**Estos resultados indican la capacidad del grafeno en hidrogeles para la hibridación con redes neuronales manteniendo la estructura biológica y promoviendo una mayor función sináptica.**

Las neuronas en la malla CNT exhiben una transmisión de señal mejorada. También se informa de una mejora de este tipo en la actividad de la red para las neuronas en grafeno (nanotubos desenrollados, un análogo de los CNT).



## Ingeniería de tejidos grafeno/células madre

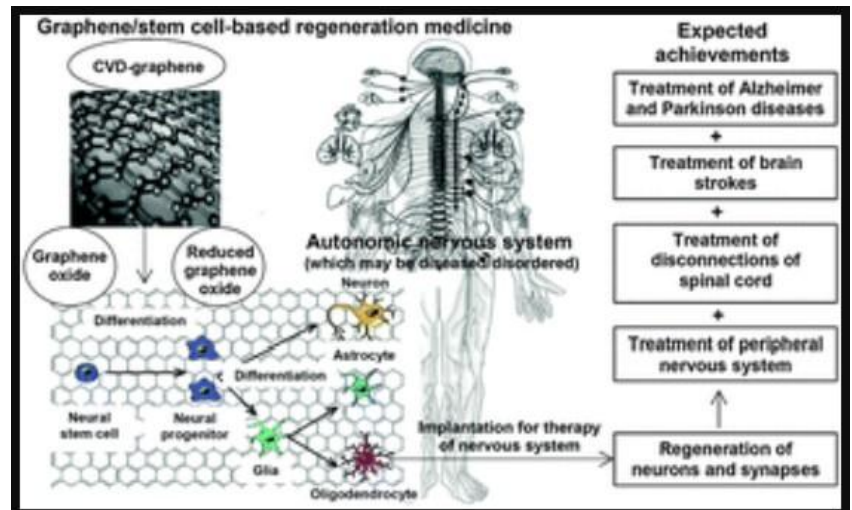
### Fabricación de redes neuronales híbridas en materiales de grafeno

La ingeniería de tejidos basada en grafeno/células madre se ha utilizado de manera prometedora y progresiva para desarrollar formas de nanomedicina regenerativa más efectiva. Las propiedades únicas del grafeno pueden resolver con éxito los desafíos que la neurociencia ha tenido en las últimas décadas.

Entre varias células madre, las células madre neurales (NSC), y su diferenciación neural en grafeno, han atraído mucho interés.

La ingeniería de tejido neuronal basada en grafeno puede realizar de manera prometedora la terapia regenerativa de varias enfermedades o trastornos neurológicos incurables

a través de la creación de nanoestructuras de tejido híbrido de grafeno y células neuronales.

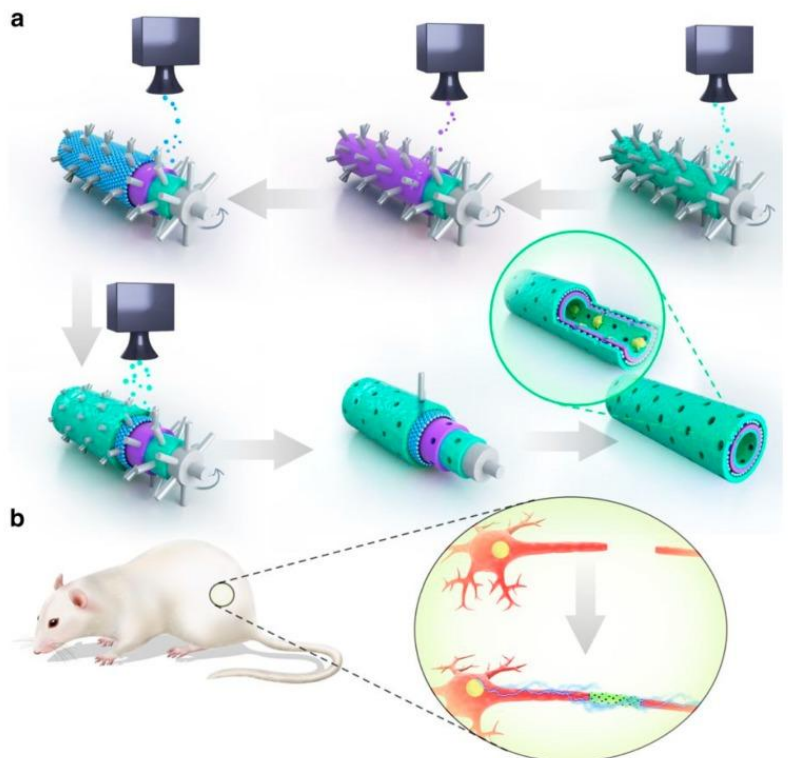


### Fabricación de tejidos y redes neuronales de grafeno

Existe una amplia gama de bioaplicaciones potenciales para los nanomateriales basados en grafeno en relación a la creación, proliferación de las NSC (Células Madre Neuronales). Se han demostrado varias técnicas de estimulación (que incluyen estímulos eléctricos, láser pulsado, foto flash, infrarrojo cercano (NIR), químicos, morfológicos, entre diversas técnicas más) que se han implementado recientemente en la proliferación de células madre basadas en grafeno.

Los andamios basados en grafeno presentan dudas de biocompatibilidad y problemas de toxicidad (especialmente después de la desintegración de los andamios de grafeno y la distribución de sus plaquetas en el cuerpo).

Aún y así, el grafeno exhibe ser un nanomaterial único para el desarrollo de sistemas de creación y/o generación y regeneración de células madre neuronales e interfaces de redes híbridas.

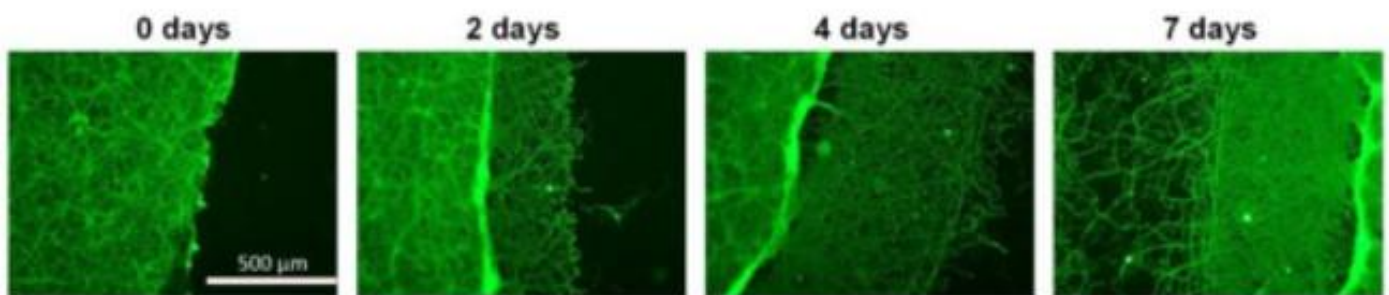


Además, los materiales conductores sumergidos en cultivos celulares experimentan la formación de dipolos en presencia de campos externos. Dichos dipolos, a su vez, inducen también efectos adicionales en el comportamiento celular y el crecimiento celular, y **abren la posibilidad de protocolos de electroestimulación inalámbrica remota, para el control de las neuronas cerebrales y las redes neuronales a distancia.**

### Creación de nuevas redes neuronales de grafeno

Se ha demostrado una gran viabilidad del carbono y las diferentes nanoestructuras derivadas, y un gran impacto de funcionalizar el grafeno con oxígeno y nitrógeno, y diferentes efectos al incluir polímeros conductores dentro de los materiales híbridos.

La nanoestructuración de nanocarbonos con  $IrO_x$  produce recubrimientos de material con grandes capacidades de carga para la electroestimulación neuronal y una gran reproducibilidad en el tiempo. Demostrando la capacidad de los nanomateriales de grafeno para generar y/o regenerar tejidos celulares y/o neuronales.



Las imágenes muestran una reparación neuronal, un rasguño creado físicamente en un cultivo de células neuronales estable (un modelo muy representativo para la reparación de lesiones y heridas). Se muestra la reparación espontánea (visual y cuantificada) de un rasguño inducido que emula un cultivo celular "similar a una herida", sobre un híbrido polimérico de  $IrO_x$  y grafeno ( $IrO_x$ -eG). Se puede observar que en días, las dendritas llenan el espacio vacío.

### Andamios de fibras de grafeno para crecimiento de neuritas

También se ha informado del crecimiento de neuritas con andamios helectroilados de fibroína de seda y óxido de grafeno reducido (rGO).

Las fibrinas (fibroína de seda) de óxido de grafeno reducido (SF/rGO) se convierten en conductores eléctricos. La adhesión y proliferación mejoran en las células que crecen en sustratos de SF/rGO ofreciendo una viabilidad de más del 95%.

**El crecimiento de neuritas es más pronunciado cuando se aplican corrientes eléctricas.**

Imagen de células de control

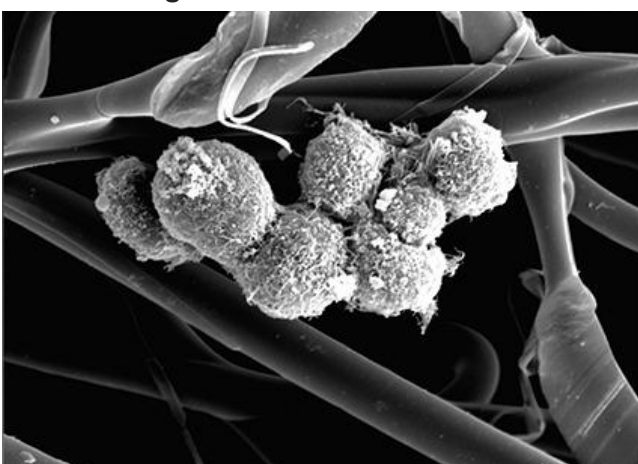
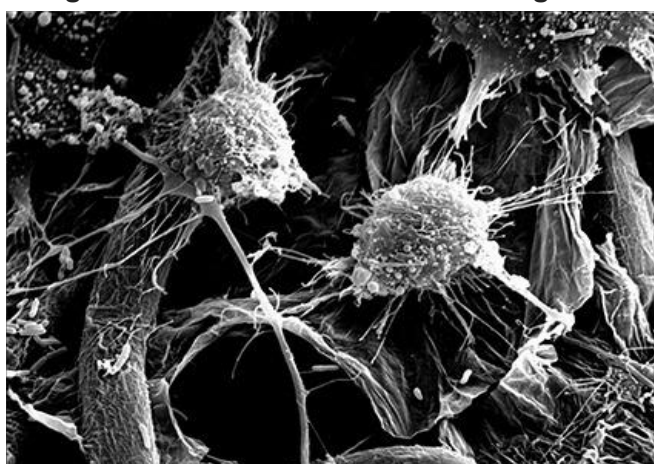
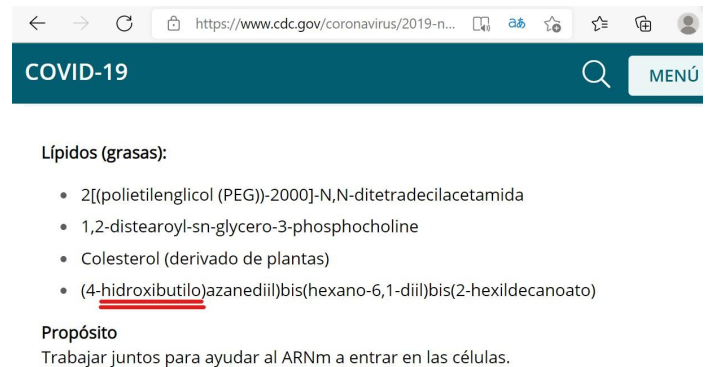


Imagen de las células en sustrato de grafeno



## Hidroxibutilo y Polietilenglicol: 2 elementos de las vacunas Covid que se utilizan para crear sustratos de grafeno para entrega de ARN a células cerebrales y creación y modulación de redes neuronales híbridas

Otro de los elementos que, al igual que el PEG, está en la lista de ingredientes de las vacunas Covid de entrega de ARN a las células, y que también se utiliza para funcionalizar el grafeno para la entrega de ARN a las células y para la elaboración de sustratos de grafeno para la creación de interfaces neuronales y regeneración de células cerebrales es el Hidroxibutilo (Hydroxybutyrate, Hidroxibutirato).



COVID-19

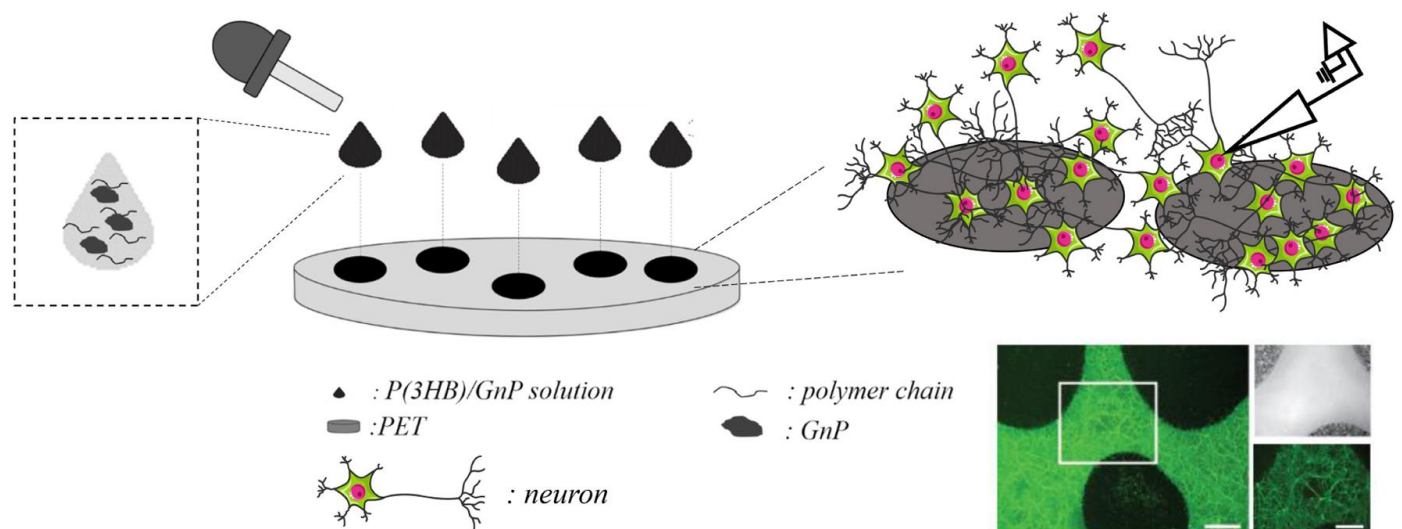
Lípidos (grasas):

- 2[(polietilenglicol (PEG))-2000]-N,N-ditetradecilacetamida
- 1,2-distearoil-sn-glicero-3-fosfoโคลีน
- Colesterol (derivado de plantas)
- (4-hidroxibutilo)azanedil)bis(hexano-6,1-dil)bis(2-hexildecanoato)

Propósito  
Trabajar juntos para ayudar al ARNm a entrar en las células.

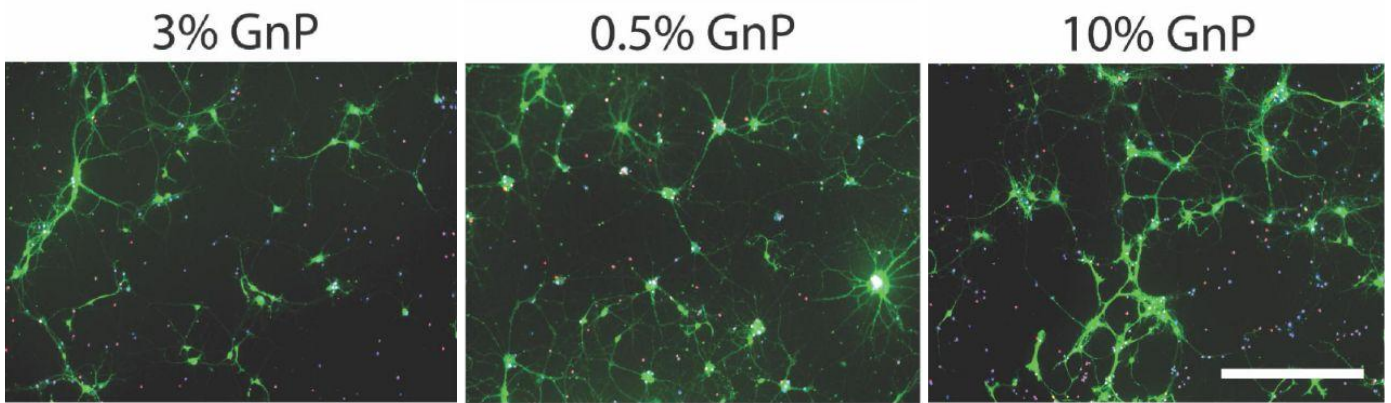
El Hidroxibutilo funcionalizado con nanoplaquetas de grafeno ha demostrado ser un andamio adecuado para promover el desarrollo de redes neuronales.

El sustrato de GnP-[P(3HB)], un andamio basado en polímeros y grafeno, ha mostrado ser adecuado para la compatibilidad, proliferación y crecimiento de neuronas primarias mediante la incorporación al sustrato de polímero de nanoplaquetas de grafeno (GnP). Se evidencia crecimiento y formación de redes neuronales y funcionalidad de las neuronas primarias en soportes poliméricos de poli(3-hidroxibutirato) [P(3HB)] funcionalizados con diversas concentraciones de GnP. Después de hacer crecer las neuronas corticales primarias en los soportes durante 14 días, se encontró que todas las muestras eran biocompatibles, y se reveló crecimiento fisiológico y maduración en la red neuronal.



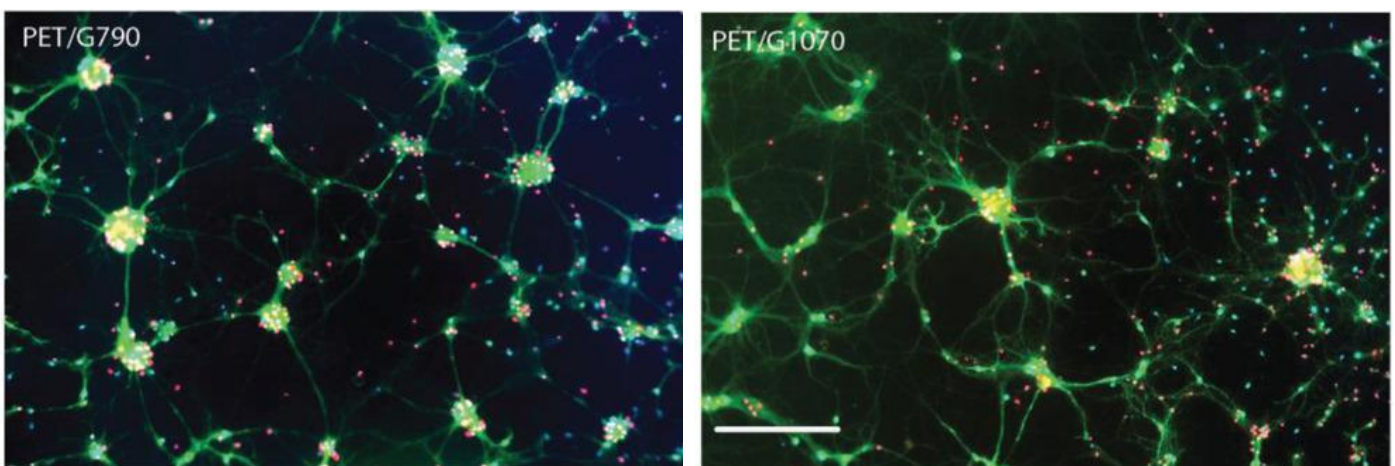
El uso de biomateriales compuestos de grafeno y polímeros como innovadoras interfaces neuronales bioamigables está siendo desarrollado activamente en este momento (2022). Actualmente, las estrategias inteligentes para abordar las neuropatologías están explotando las características mixtas y complementarias de los materiales compuestos para diseñar mejor las futuras interfaces neuronales.

**Imágenes de redes neuronales hibridadas en sustrato polimérico de nanoplaquetas de grafeno y hidroxibutirato. Concentraciones de grafeno al 3%, 0.5% y 10%.**

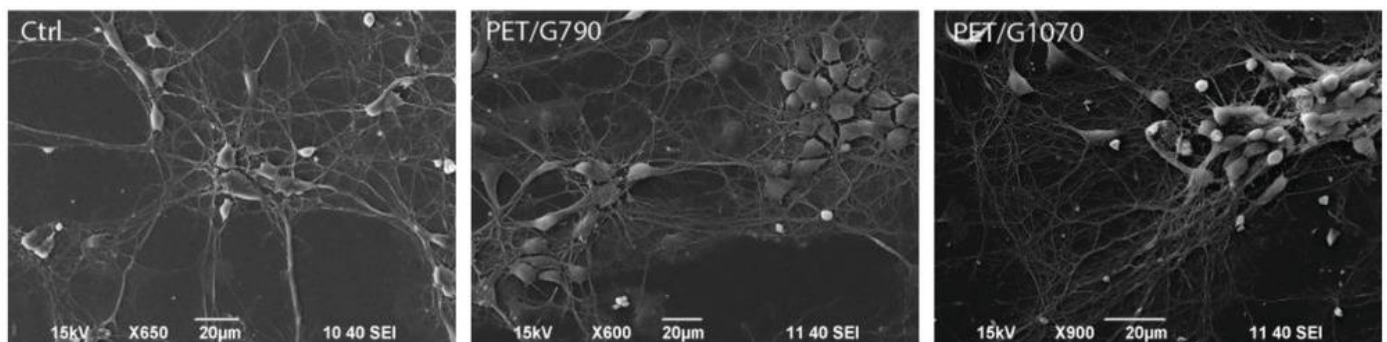


**Neurografeno; hacia la interfaz biológica híbrida:  
Bio-Interfaces Neuronales de Grafeno.**

Las películas de grafeno con diferente cristalinidad y conductividad son sustratos eficientes para interfaces neuronales. Las imágenes de microscopía de fluorescencia y SEM revelan una viabilidad excelente y un desarrollo de red sostenible en cultivos desarrollados en PET/G790 y PET/G1070 -(grafeno altamente cristalino cultivado a 1070 °C (G1070) y grafeno altamente desordenado cultivado a 790 °C (G790)- demostrando que ambos sustratos muestran buena biocompatibilidad y afinidad con las neuronas.



Imágenes de microscopía electrónica de grafeno uniéndose a células neuronales y creando redes híbridas de interfaces biológico/grafénicas. **Redes de Neurografeno.**



Las interfaces híbridas de grafeno o [como se ha acuñado en este informe] “*Neurografeno*” es el paso culminante para la hibridación del ser humano y su conexión con “todas las cosas” IoE (Internet of Everything) basada en **nano-redes inalámbricas de biochips microfluídicos nanosensores e interfaces celulares neuronales híbridas de Neurografeno.**

## Mercados

Para finalizar este informe creo conveniente mostrar algunos datos relacionados con estudios de mercado en relación a la expansión de la microfluídica.

La microfluídica es un estudio de dispositivos que analizan pequeñas cantidades de líquido. La microfluídica se utiliza en las ciencias biológicas porque con la ayuda de la microfluídica se pueden realizar experimentos más precisos y controlados a un costo menor y a un ritmo más rápido. Los sistemas de microfluidos se desarrollan utilizando una técnica simple llamada fotolitografía, que se desarrolló originalmente para crear pequeñas características en los circuitos de la industria de los semiconductores.

Los avances tecnológicos en dispositivos médicos, como la miniaturización, la automatización y la funcionalidad mejorada con la ayuda de un control eléctrico complejo, las propiedades mecánicas son factores importantes que **impulsan el crecimiento del mercado global de microfluidos.**

Además, la microfluídica tiene una amplia aplicabilidad en aplicaciones médicas como ingeniería de tejidos, análisis bioquímico, detección de patógenos en humanos/animales, separación celular, sistema de cultivo celular personalizado y múltiples dispositivos de microfluídica. La microfluídica brinda varios beneficios en comparación con los instrumentos tradicionales, como el uso de cantidades minúsculas de muestras y reactivos en el laboratorio, alta resolución y sensibilidad en la detección y separación de moléculas, tiempos de análisis más cortos y resultados más rápidos, siendo esto **factores que impulsan el crecimiento de la mercado mundial de microfluidos.**

**El uso de la tecnología de microfluidos para la investigación con células madre y análisis de ADN brinda grandes beneficios. Se espera que esto respalde el crecimiento del mercado mundial de microfluidos.**

Está claro que la implementación de la tecnología de microfluidos desafía el crecimiento del mercado global de MEMS microfluídicos (MEMS, Sistemas Micro-Electro-Mecánicos, Bio-chips).

La tendencia reciente observada en el mercado de microfluidos es el uso de dispositivos de microfluidos impresos en 3D en aplicaciones biológicas con capacidad para crear estructuras complejas con alta resolución, lo que se espera que cree nuevas oportunidades para los **actores del mercado que operan en el mercado global.**

### **Actores clave en el mercado de Microfluidos :**

Abbott Laboratories Inc, Perkinelmer Inc, Cepheid Inc, RainDance Technologies Inc, Becton, Dickinson and Company, Bio-Rad Laboratories Inc, Johnson & Johnson Inc, Life Technologies Corporation,, Microfluidic Chipshop GMBH, Siemens Healthcare GmbH

## **Principales fabricantes clave en el mercado Bio-MEMS y microfluídica:**

- Abbott Diagnostics
- Nova Biomedical
- Danaher
- Thermo Fisher Scientific
- Medtronic
- Boston Scientific
- ROCHE
- Johnson & Johnson
- Becton
- Dickinson

## **Mercado Bio-MEMS y microfluídica por tipo:**

- Implantable Bio-MEMS
- Injectable Bio-MEMS
- Otros dispositivos

## **Mercado Bio-MEMS y microfluídica por aplicaciones:**

- Industria farmacéutica
- Hospitales
- Centros -Investigación
- Otros

Se espera que el mercado de América del Norte domine el mercado global de microfluidos con una mayor participación de mercado en comparación con otros mercados regionales, y se espera que continúe su dominio durante el período de pronóstico. Esto se puede atribuir a una infraestructura sanitaria bien desarrollada y al uso de microfluidos en análisis forenses y aplicaciones biológicas. El mercado de Europa representa la segunda participación de ingresos más grande en el mercado global de microfluidos, seguido por los mercados de Asia Pacífico, América Latina y Medio Oriente y África, respectivamente. Se prevé que el mercado de Asia Pacífico experimente el crecimiento más rápido en términos de ingresos, debido al aumento del gasto público en el sector de la salud, el aumento de las actividades de I+D en las economías emergentes de esta región.

## **Segmentación del mercado global de microfluidos**

### **Por materiales:**

- Microfluidos a base de silicio
- Microfluídica a base de vidrio
- Microfluídica basada en polímeros
- Otros (Papel y Cerámica)

## Por aplicación:

- productos farmacéuticos
  - Chips microfluídicos para análisis de laboratorio
  - Dispositivos de dosificación precisos
  - Microrreactores para Síntesis de Fármacos
- Dispositivos de administración de medicamentos
  - Boquillas de inhalador
  - microagujas
  - Microbombas
- Diagnóstico
  - Diagnóstico Clínico
  - Punto de atención (POC)
  - Pruebas ambientales
  - Pruebas Industriales
  - Pruebas agroalimentarias

## Por región:

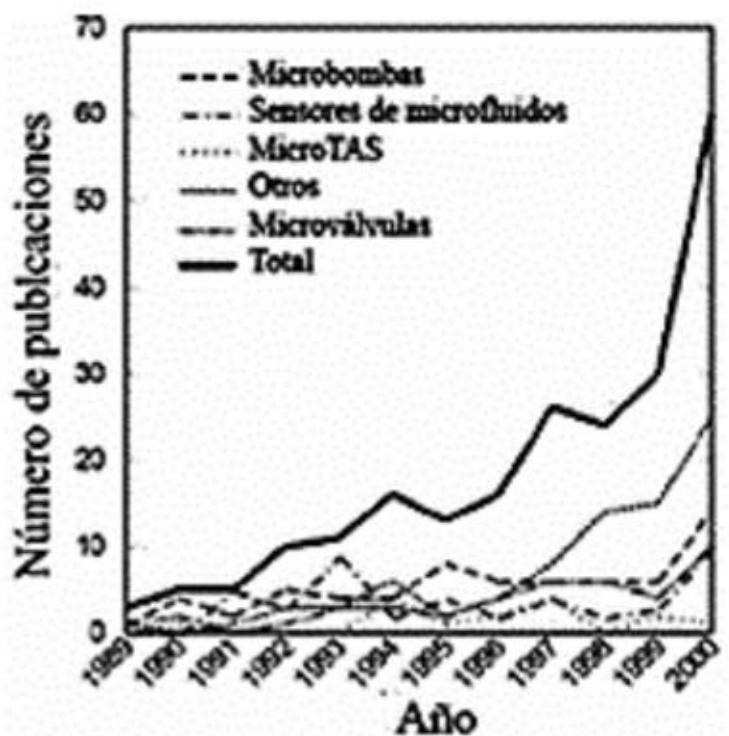
- Norteamérica
- Europa
- Asia Pacífico
- América latina
- Oriente Medio y África

## Datos en cifras

Observemos este gráfico en el que se pone de relieve el especial interés surgido en las últimas décadas en relación a los sistemas de MEMS Bio-chips microfluídicos. En el gráfico, se puede apreciar el significativo aumento del número de publicaciones científicas en relación a la microfluídica desde el año 1989 hasta el año 2000.

El interés de los investigadores por la microfluídica abarca desde la nanotecnología y bionanotecnología, hasta la neurociencia, la ingeniería genética, o la biología básica.

**La microfluídica abarca prácticamente todas las ramas de la ciencia médica.**

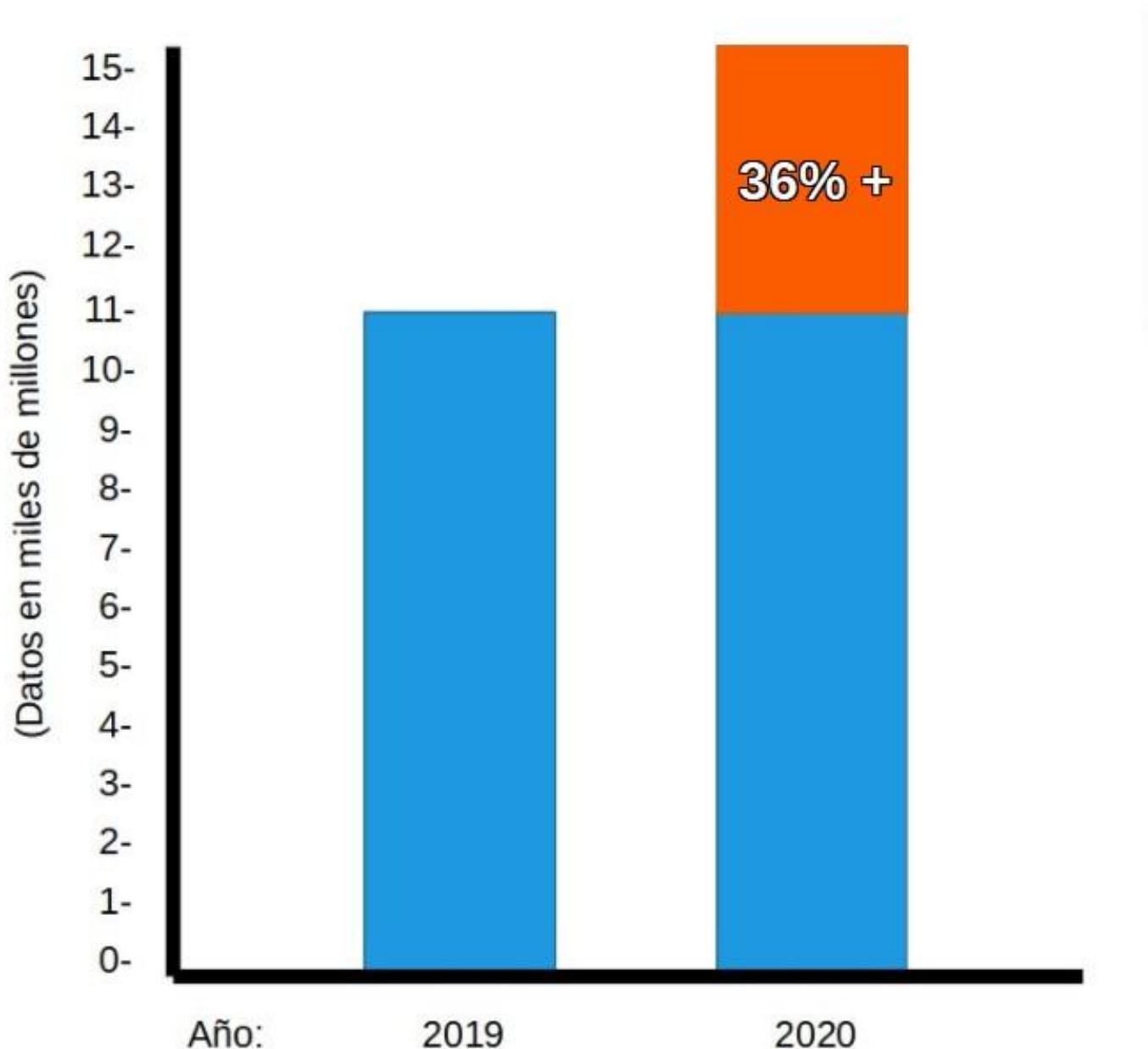


## Aumento del mercado

El mercado de productos de microfluidos en 2020 tendrá un valor de alrededor de \$ 15 mil millones, un 36 por ciento más que los \$ 11 mil millones en 2019.

Los datos muestran que, durante los años 2019 y 2020, el valor de mercado de la microfluídica ha tenido un escandaloso aumento de 4 mil millones, un tremendo 36% más, y en cortísimo periodo que, además, coincide exactamente con la supuesta pandemia de Covid 19 a nivel global.

## Aumento del valor de mercado en Microfluídica



Fuente: Datos de eeNewsEurope. Elaboración gráfica: @InfoVacunas



## Previsiones de mercado

Las investigaciones de mercado en el mercado de la microfluídica, predicen una tasa mínima de crecimiento anual compuesta (CAGR) para microfluidos del 14% durante el período 2020 a 2025.

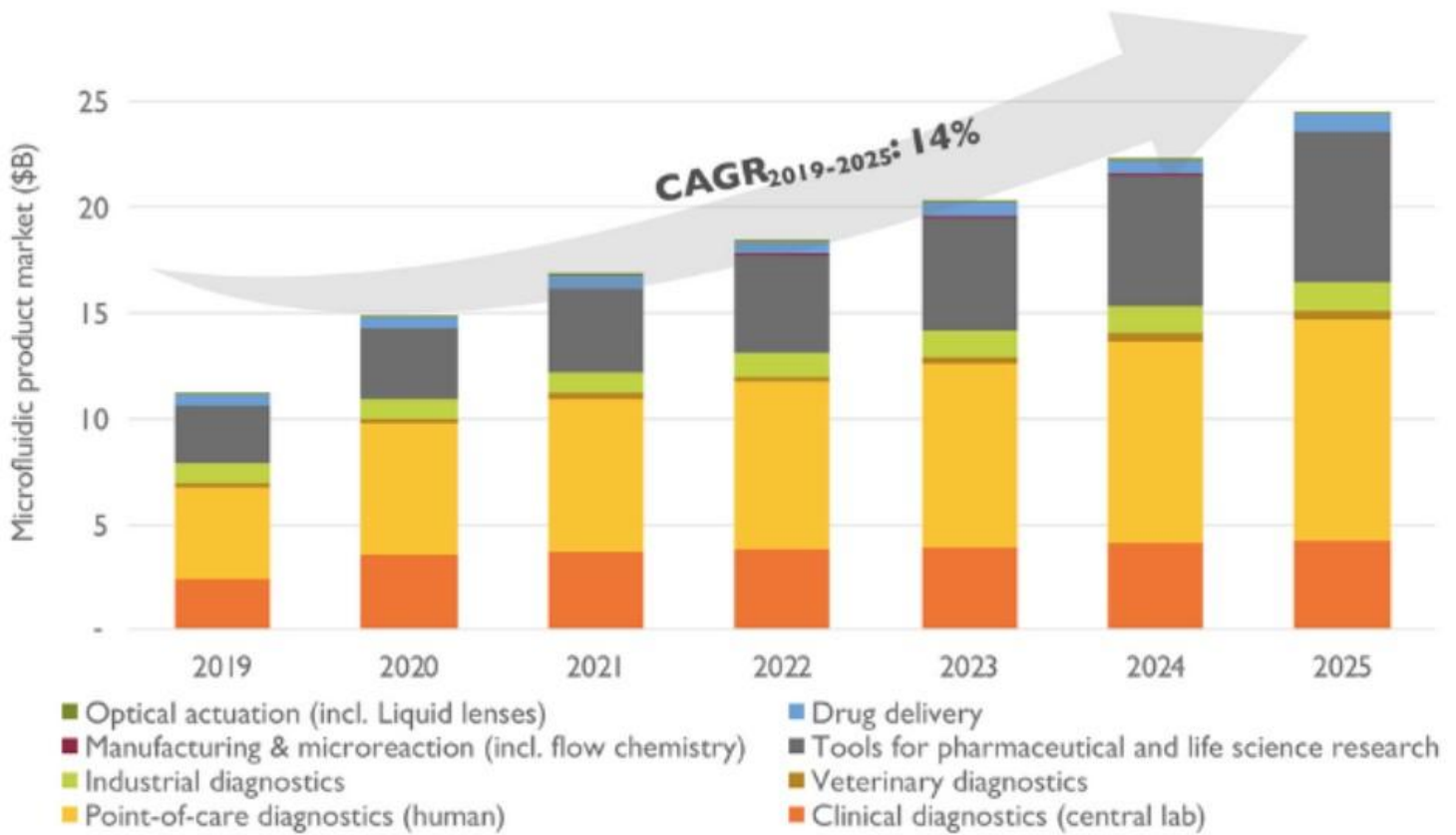


Gráfico elaborado a finales de 2020, por lo que contiene los datos ya mencionados en el gráfico anterior: 2019 (11 mil millones) y 2020 (15 mil millones -subida del 36%).

A partir de aquí el gráfico muestra una estimación de la posible subida anual hasta 2025, marcando un aumento del 14% por año, llegando a alcanzar casi los 25 mil millones en 2025.

## Conclusiones

Queda claro el aumento de interés en microfluídica por la ciencia desde hace varias décadas que se inició la expansión de esta. Reflejándose en el aumento de publicaciones científicas publicadas entre los años 1989 y 2000, en pleno auge.

Queda claro también, que la situación sanitaria actual iniciada en 2019/2020 ha sido clave para la expansión multimillonaria de la microfluídica durante la pandemia.

También queda claro cómo los investigadores de mercado están convencidos de que seguirá el aumento progresivo del mercado de la microfluídica llegando a alcanzar altas cifras millonarias.

Por lo tanto, podemos concluir que el mercado de los Biochips microfluídicos a) ha estado en aumento desde su aparición, b) ha tenido un “boom” increíble durante la pandemia, c) actualmente está en plena explosión, y d) para el futuro se prevé que en los próximos años, el mercado siga en aumento hasta alcanzar cifras multimillonarias.

## **Pfizer, AstraZeneca, y Johnson&Johnson con la microfluídica**

### **Johnson&Johnson**

Como hemos podido ver en el apartado de “actores clave en el mercado de microfluidos” y el apartado “Principales fabricantes clave en el mercado Bio-MEMS y microfluídica”, la empresa **Johnson&Johnson forma parte de los principales “actores” de la microfluídica y es parte de los “principales fabricantes” del mercado de biochips microfluídicos.**

### **AstraZeneca**

**En 2006, la empresa Celectricon firma un contrato de colaboración con la empresa AstraZeneca. Celectricon es un proveedor líder de microfluidos** y herramientas basadas en células para mejorar y agilizar el descubrimiento de fármacos, y ha anunciado la colaboración con AstraZeneca. Las compañías estudiarán cómo desarrollar una nueva plataforma de exploración basada en microfluidos.

Celectricon crea y desarrolla nuevos tipos de dispositivos de exploración basados en células funcionales para aplicaciones de descubrimiento de fármacos. La compañía utiliza interfaces de vanguardia para sistemas biológicos empleando nuevas tecnologías de microfabricación y soluciones de ingeniería inteligentes.

La empresa trabaja en la exploración y optimización para fármacos que actúan en receptores de canales de iones, en pruebas farmacológicas, y en la exploración y herramientas de transfección para ensayos basados en células en los campos de los objetivos intracelulares e interferencia de ARN.

### **Pfizer**

**En 2008, Pfizer junto a UCB, anunciaron la formación de Cyclofluidic, una compañía de tecnología de fabricación de Biochips microfluídicos y diversos componentes de microfluídica.**

UCB es una compañía biofarmacéutica global enfocada a desarrollar plataformas y tratamientos enfocados a personas con problemas de enfermedades graves, inmunología y neurociencia. UCB está en un viaje para convertirse en el líder biofarmacéutico en la entrega de fármacos.

Cyclofluidic es una compañía de tecnología establecida con el objetivo de reducir y acelerar los tiempos significativamente en el proceso de descubrimiento y fabricación de fármacos.

Esto permitirá a los investigadores probar una mayor variedad de posibles nuevos medicamentos en un tiempo más corto.

La entrada de Cyclofluidic en el área de la tecnología de microfluidos en rápida evolución tiene el potencial de transformar radicalmente la interfaz de la química médica y la biología.

El objetivo de Cyclofluidic es desarrollar tecnologías que automaticen e integren procesos conocidos como química de flujo y biología de flujo para ayudar a las compañías farmacéuticas a acortar los plazos dentro del proceso de desarrollo de fármacos y mejorar la productividad,  pudiendo lograr la fabricación de fármacos en menor tiempo.

Cyclofluidic desarrollará una plataforma de optimización de circuito cerrado de microfluidos que permitirá a los investigadores acceder a la experiencia más avanzada en química de flujo, detección de flujo e ingeniería de microfluidos.

Actualmente (2008), el desarrollo de un nuevo medicamento lleva entre 12 y 15 años y un costo de hasta 500 millones de libras esterlinas. Una de las partes que requieren más tiempo de investigación farmacéutica es la detección de medicamentos potenciales frente a objetivos terapéuticos.

**Se espera que Cyclofluidic pueda proporcionar tecnologías innovadoras para acelerar la fabricación reduciendo los tiempos de fabricación y comercialización de medicamentos.**

### **Vacunas con super rapidez**

Para finalizar hemos visto cómo las empresas de “vacunas Covid” (tratamientos génicos de entrega de fármacos) están asociadas con empresas de biochips microfluídicos. Incluso alguna, como Pfizer, ha creado su propia empresa de Biochips microfluídicos.

Y dejan muy claro el objetivo: **reducir los tiempos de fabricación de sus medicamentos.**

Lo que nos hace pensar en la ultra velocidad en la que han salido al mercado las vacunas de Covid19, en tiempo record. **Ahora, tenemos una posible explicación del por qué de esa super rapidez.**

---

***La asociación y creación de empresas de biochips microfluídicos por parte de las empresas de vacunas, deja clara la relación entre vacunas Covid y Biochips.***

***Esto, junto al aumento desmesurado del mercado de la microfluídica a partir de 2019/2020 es otra evidencia más, de la posible introducción de algún tipo de Biochip Microfluídico en las vacunas Covid.***

---

## FIN DE LA PARTE 2

### Resultados finales y fuentes

---

\* (Las conclusiones son personales del autor. Invito al lector a desarrollar sus propias investigaciones y a tomar sus propias conclusiones).

### Resultados finales

**No se puede, ni confirmar ni descartar al 100%, la presencia de biochips entre los cristales de sal.**

No se puede descartar la introducción en las vacunas Covid de algún tipo de biochip microfluídico nanosensor detector biológico. Las funciones de estos podrían ser múltiples y variadas, desde la administración de fármacos, a todo tipo de recopilación de datos biomédicos, incluido por ejemplo, la posibilidad de hacer un “banco genético tipo Bigdata” con la firma genómica de todos y cada uno de los seres humanos del planeta a través de una secuenciación de ADN. Y esta sería solo una de las innumerables posibilidades de la introducción de estos a gran escala masivamente a nivel global.

Es lógico pensar que las farmacéuticas puedan haber aprovechado la oportunidad que les brindan los contratos cerrados y la falta absoluta de responsabilidades judiciales, para introducir si más no, algún tipo de biochip en las vacunas, al menos, a modo de prueba, ya sea a gran escala masivamente, a escala semi-masiva, o en determinación grupal sectorizada por lotes y/o zonas.

Con esto, y encontrando además indicios visuales en las vacunas de elementos que coinciden con lo que serían biochips microfluídicos, las probabilidades de que alguno de los cristales sea un elemento nanotecnológico es absolutamente barajable. Y la comparativa visual, no permite descartarlo.

Como hemos visto en la Parte 1, todos los cristales hallados en las vacunas Covid podrían coincidir de una forma u otra con alguna de las formas de cristales de sal referidas en la literatura científico-fotográfica expuesta.

No se han encontrado fotografías reales a microscopio de biochips de medidas nanométricas, solo representaciones artísticas de algún tipo, y dibujos esquemáticos.

Por lo que se hace difícil comparar con claras expectativas.

(Sí se han hallado fotografías a microscopio de la maya de sustrato grafénico de ferrofluido -metal líquido- utilizado en los biochips plasmónicos, e imágenes de microarrays, pero no imagen de un biochip completo).

A pesar de la creciente literatura científica respecto a biochips de medidas nanométricas (como hemos visto, existen nanotransistores biochips incluso de 1 nanómetro) solo se han hallado imágenes reales de biochips completos de medidas que van de micras a milímetros.

Aun y con estas dificultades, con las diversas imágenes esquemáticas obtenidas, las imágenes artísticas inspiradas en biochips reales, y las imágenes reales de estos (de medidas micrométricas y milimétricas) nos podemos hacer una idea bastante certera de la posible forma de un biochip de nanoescala visto al microscopio.

**La comparación visual en la Parte 1 indica claros indicios de semejanzas con cristales de sal. La comparativa visual en la Parte 2 indica posibles indicios de semejanza con biochips microfluídicos** [no tenemos imágenes comparativas de biochips reales nanométricos completos a microscopio, ni imágenes de ellos envueltos en similares condiciones, por ej.: ambientales -tiempo de secado-, o químico/biológicas -afectación al cristal biochip por los demás componentes existentes en una vacuna].

Cabe resaltar enormemente, que los cristales de sal y los biochips, realmente pueden llegar a ser muy similares bajo ciertas condiciones de la toma de imagen al microscopio, ya sean lumínicas, de enfoque, filtro, perspectiva, ángulo, o efecto visual.

Esto lo considero algo absolutamente normal, puesto que los humanos fabricamos la tecnología y desarrollamos nuestros sistemas sociales a través de sistemas fractales y, por eso, es comprensible el hecho de que los elementos nanotecnológicos más avanzados fabricados por la humanidad, puedan tener la misma apariencia que el elemento más básico y primario del planeta, la sal.

Los 3 elementos; cristales Covid, cristales de sal (o en determinados casos también de azúcar), y cristales biochips, podrían ser fácilmente confundibles en apariencia bajo identificación ocular al microscopio óptico biológico.

La comparación entre los cristales de las vacunas Covid, los cristales de sal y los cristales biochips, no permite descartar con rotundidad la introducción de cristales biochips entre los cristales de sal. Deberían realizarse más pruebas, tipo RAMAN para identificar posibles materiales de sustrato utilizados en microestructuración y posibles materiales poliméricos típicamente empleados en la microfabricación.

**Aún y así, podemos concluir que:**

*Para todo lector que haya prestado atención a este informe y ahora sea conocedor del nivel nano-tecnológico actual en materia de biochips, y el estado de desarrollo e implementación de IoT e IoE en la sociedad, la posibilidad de introducción de algún tipo de biochip microfluídico nanosensor en las vacunas Covid, es más que una posibilidad realmente barajable.*

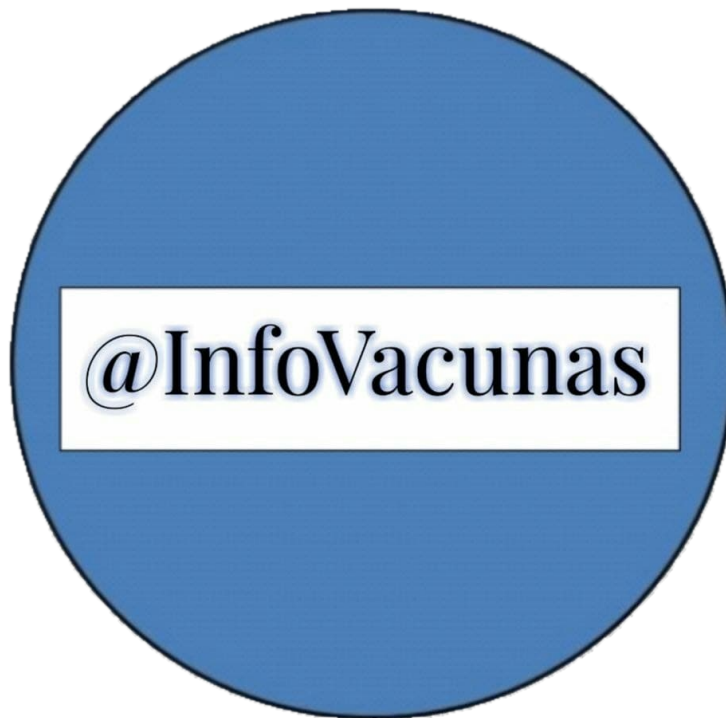
***Queda a libertad del lector, tomar sus propias conclusiones personales.***

---

El **Estudio NanoTec** de @InfoVacunas ha sido desarrollado de forma altruista con una mera intención informativa. Espera servir de apoyo y referencia para estudiosos e investigadores.



Dani R. Díaz



**Susíbete al Canal Oficial:**

**TELEGRAM <https://t.me/InfoVacunas>**

@InfoVacunas es un Canal de Investigación Independiente y un medio de información libre y soberano que no recibe financiación para el desarrollo de sus investigaciones. El único apoyo económico con el que @InfoVacunas logra salir adelante son las donaciones de sus propios seguidores. Si consideras que el Canal merece seguir activo, y deseas colaborar, tu necesaria aportación será bien recibida.  
Nº de Cuenta para contribuciones: CaixaBank ES27 2100 0805 8601 0542 6152

## Otros escritos del Autor

(Descarga gratuita desde Drive privado del autor)

Escritos para lectura web, o para descarga pdf.

---

### **Dossier Infovacunas (82 páginas)**

Un recopilatorio con más de 400 enlaces de interés, dividido en 2 partes. La primera una lista de cientos de noticias de medios oficiales informando de lesiones y muertes -tanto individuales como masivas- tras la administración de la vacuna Covid. Escrito realizado en febrero 2021, dos meses después de iniciarse la vacunación Covid a nivel mundial y recién iniciada en España.

La segunda parte es una lista de cientos de documentos legales y médicos de ALTA importancia sobre vacunas y vacunas Covid. Desde estudios científicos e informes, y todos los libros deontológicos oficiales existentes en el mundo médico, a escritos modelos para negativas a vacunación y guías anti-vacunas, hasta todo tipo de documentos legales sobre leyes Españolas, Europeas y mundiales, incluidos todos los tratados internacionales, todos los tratados nacionales españoles, y todas las leyes españolas en referencia.

Un Dossier referente en el ámbito médico y social como guía de aportación de información de gran valor para el mundo sanitario, en especial, para el terreno de las vacunas, y en particular, las vacunas Covid.

Enlace: <https://drive.google.com/file/d/1YsAkMXkdEpTZTj9Pb28EKPr2fy2Rxgiw/view?usp=sharing>

---

### **¿Mascarillas sí o no? (11 páginas)**

Un recopilatorio y análisis de todos los estudios científicos oficiales existentes en el mundo realizados para saber si las mascarillas protegen contra infecciones virales.

El escrito se divide en 2 partes. La primera parte es un recopilatorio de todos los meta-análisis múltiples realizados en el mundo para investigar la efectividad de las mascarillas ante infecciones virales. La segunda parte es un recopilatorio de una gran multitud de estudio científicos oficiales demostrando el daño a la salud del uso de mascarilla. (Resulta imposible poner todos los estudios científicos existentes sobre ello, por el gran número de estos).

Enlcae: <https://drive.google.com/file/d/18eHrvo4t6mveqOPhEohfA-Ed8Y1SdHmp/view?usp=sharing>

---

## **Justificante de Inasistencia (33 páginas)**

Un escrito modelo, en formato modelable, de entrega para sacar a los hijos del colegio. En el escrito se mencionan gran cantidad de leyes y se describen múltiples puntos en relación a “medidas Covid” aplicadas en los centros escolares que son absolutamente ilegales, e inmorales, y que no pueden ser permitidos, por el bien de los niños.

Enlace:<https://docs.google.com/document/d/1dbgkPPlSdxFmaoDqPojbfqoOXfo-k2Of/edit?usp=sharing&ouid=109292702606837049166&rtpof=true&sd=true>

---

## **Comunicado de baja (1 página)**

Escrito modelo, soberano, de 1 sola página, comunicando el cese de los servicios contratados con el colegio de tu hijo, y la anulación inmediata del contrato que mantiene la empresa contigo, y con tu hijo como producto.

Enlace:[https://docs.google.com/document/d/1nBsiZo3\\_q4EOV7xoBpXrYXug-AToVBhc/edit?usp=sharing&ouid=109292702606837049166&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1nBsiZo3_q4EOV7xoBpXrYXug-AToVBhc/edit?usp=sharing&ouid=109292702606837049166&rtpof=true&sd=true)

---

## **Prohibición de vacunación para padres sin custodia (1 página)**

Escrito para padres sin custodia que no quieren que se vacune a sus hijos.

Enlace:<https://drive.google.com/file/d/1OkWwhbMNOH3QHsJ1BvrVPTcQzortkojU/view?usp=sharing>

---

## **Exención de uso obligatorio de mascarilla (1 página)**

Escrito legal para exponerse como auto-considerada persona exenta de uso obligatorio de mascarilla. El escrito también vale para hacerlo para otra persona, como a un hijo, o a una persona dependiente. Modelo básico.

Enlace:[https://docs.google.com/document/d/1KJSF\\_3KSpicWDYXBx7J8\\_hny0452SR\\_3/edit?usp=sharing&ouid=109292702606837049166&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1KJSF_3KSpicWDYXBx7J8_hny0452SR_3/edit?usp=sharing&ouid=109292702606837049166&rtpof=true&sd=true)

---

## **Exención Soberana (1 página)**

Escrito que se compone de 2 partes; la primera media página es exención básica resumida -el escrito anterior de exención básica, pero resumido-. La segunda mitad es exención soberana. (No se recomienda utilizar, si no se entiende el contenido perfectamente, y no se sabe defender correctamente).

Enlace:<https://docs.google.com/document/d/15CnLPouWp39K4h8Xq1e3mkmRF2vvhiKH/edit?usp=sharing&ouid=109292702606837049166&rtpof=true&sd=true>



---

## **Advertencia a la policía (1 página)**

Escrito de advertencia a la policía de que hacer cumplir “toque de queda” o “restricciones de movilidad” (restricción de libertad de circulación) es ilegal en estado de Alarma y están cometiendo un delito, por lo que tu derecho de libertad de movimientos por el territorio español sigue vigente.

Enlace :[https://drive.google.com/file/d/1XCv5kPerZbEonj1Cn\\_oszUIplrpBpt\\_Q/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1XCv5kPerZbEonj1Cn_oszUIplrpBpt_Q/view?usp=sharing)

---

## **200.000 afectados por las vacunas Covid (3 páginas)**

El escrito es de marzo 2021, apenas iniciada la vacunación, (ahora ya son millones de afectados) y se advierte de que las vacunas Covid ya han dejado un rastro de 200 mil afectados. Además, se muestra una tabla con las farmacéuticas más sancionadas en multas millonarias, incluidas las farmacéuticas que han desarrollado las vacunas Covid.

Enlace: [https://drive.google.com/file/d/1nXxGlkWcXGIbi\\_9bd9bDCY6mNtDW2bS/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1nXxGlkWcXGIbi_9bd9bDCY6mNtDW2bS/view?usp=sharing)

---

## **80.000 afectados por AstraZeneca y reanudan la vacunación (3 páginas)**

Escrito en el que se denuncia la reanudación de la aplicación de la vacuna de AstraZeneca en España, obviando los 80.000 afectados por esta vacuna, en pocos meses. Además, se muestra un gráfico donde se muestra cuales son los precios de cada marca de vacuna, y se denuncia el inicio en España de ensayos clínicos experimentales con vacunas Covid en niños.

Enlace: [https://drive.google.com/file/d/13zvNmT4TLKHcUvi8Ii\\_boGe75wBzll7A/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/13zvNmT4TLKHcUvi8Ii_boGe75wBzll7A/view?usp=sharing)

---

## **Crítica a la declaración de Great Barrington (9 páginas)**

Escrito crítica a dicha declaración firmada por multitud de médicos y científicos, la cual se expone como una aparente declaración anti-oficialista, pero en realidad legitima y reafirma la farsa de la medicina alopática, la farsa de la Covid 19 como enfermedad infecciosa provocada por un virus, y la farsa de las vacunas como elementos de erradicación de enfermedades indispensables para un modelo de salud global.

Enlace: <https://drive.google.com/file/d/1OPkTVAIzR1YAXKiNeLTPBkUeyTaV2Nw8/view?usp=sharing>

---

## **Investigación completa (28 páginas)**

Lista con cientos de publicaciones y vídeo (algunos de varias horas) con la cronología casi completa de la investigación realizada en el Canal @InfoVacunas, desde el día 14 de mayo de 2021 al día 3 de agosto de 2021, sobre Efecto Magnético en Humanos, Nanopartículas, Nanotecnología, y Soluciones Acuósas con Grafeno.

El escrito resume cronológicamente cómo se desarrolló el descubrimiento por parte de InfoVacunas de forma independiente de la verdadera causa de la Covid 19 y el envenenamiento al que está siendo sometida la humanidad desde la introducción del grafeno en la sociedad en 2012 (hace 1 década), incluida la pionera hipótesis a nivel mundial -más tarde confirmada- de que podía ser grafeno lo introducido en las vacunas Covid, y ser este clave en la magnetización de las personas. Incluido también el desarrollo de la investigación sobre cómo el grafeno absorbe las ondas electromagnéticas en el organismo produciendo lo que llaman “Covid 19” por los efectos tóxicos del grafeno e incluidas todas las patentes descubiertas en InfoVacunas. También cómo se están utilizando Soluciones Acuósas con Grafeno para la fabricación, no solo de vacunas, y vacunas Covid, sino para la elaboración de todo tipo de productos, de todas las industrias, haciendo especial hincapié en los productos de uso cotidiano que tienen la posibilidad de introducirse en el organismo, ya sea por vía inhalada, cutánea, ingerida, o inyectada.

El escrito son 28 páginas en las que se recopila una lista resumen de ciento de publicaciones y largas horas de vídeos realizadas en @InfoVacunas durante meses. (Para comprender la investigación completa, habría que estudiarse todos los enlaces del escrito).

Enlace: <https://drive.google.com/file/d/18frv1TfRIGJOk4uYzeVPsDzjruk78EvK/view?usp=sharing>

---

## **Estudio NanoTec (239 páginas)**

Un extenso estudio observacional en el que se analizan los cristales hallados en vacunas Covid, y se investiga la posibilidad de introducción -infiltrados entre cristales de sal- de algún tipo de biochip microfluídico nanosensor.

El estudio consta de 2 partes; la primera es una comparativa de los cristales hallados en vacunas Covid, y cristales de sal y azúcar (elementos presentes en la lista de ingredientes de las vacunas Covid). En la segunda se compara visualmente los cristales hallados en las vacunas Covid y biochips de múltiples diversidades. Además, se hace un estudio del nivel tecnológico actual en materia de biochips, nano-redes inalámbricas intraorgánicas, interfaces neuronales híbridas, y desarrollo de IoT (Internet de las cosas).

Enlace: (No disponible hasta la publicación de este).

---

## Fuentes - Vacunas Covid

- [https://www.researchgate.net/publication/356507702\\_MICROSTRUCTURES\\_IN\\_COVID\\_VACCINES\\_inorganic\\_crystals\\_or\\_Wireless\\_Nanosensors\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/356507702_MICROSTRUCTURES_IN_COVID_VACCINES_inorganic_crystals_or_Wireless_Nanosensors_Network)
- <https://odysee.com/@laquintacolumna:8/M%C3%81SIM%C3%81GENESDEPATRONESARTIFICIALESYMICROTECNOLOG%C3%8DAENLAVACUNAPFIZER:4>
- [NUEVAS IMÁGENES AL MICROSCOPIO DE LA VACUNA PFIZER \(odysee.com\)](https://odysee.com/@laquintacolumna:8/M%C3%81SIM%C3%81GENESDEPATRONESARTIFICIALESYMICROTECNOLOG%C3%8DAENLAVACUNAPFIZER:4)
- <https://t.me/laquintacolumna/16911?single>
- <https://t.me/laquintacolumna/16733>

## Fuentes - Parte 1 - Cristales de Sal al Microscopio

1. <https://www.canstockphoto.es/cristales-de-sal-microsc%C3%B3picos-26995350.html>
2. <https://myloview.es/vinilo-auto-crecido-cristales-de-sal-de-mesa-que-forman-patron-abstracto-no-3FACD46>
3. <https://www.canstockphoto.es/cristales-de-sal-microsc%C3%B3picos-heralayos-20681323.html>
4. [https://www.canstockphoto.es/search.php?related\\_image=26995350&related\\_mode=artist](https://www.canstockphoto.es/search.php?related_image=26995350&related_mode=artist)
5. <https://lacienciadeloscristales.blogspot.com/2019/04/crecimiento-de-cristales-al-microscopio.html>
6. <https://www.istockphoto.com/es/foto/granos-de-sal-bajo-microscopio-gm1304915792-395938909>
7. <https://www.amazon.com/-/es/Eslinga-microscopio-preparada-cristales-0-984/dp/B07P26TSS4>
8. <http://adcpjrubio.blogspot.com/2011/11/experimento-de-la-semana-cristales-de.html>
9. <https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Cristalizacion-cloruro-potasico-img2256.html?sessionid=pikelqphrs9k9cf65ob6ia27h1>
10. <https://flagellum.wordpress.com/2014/04/01/resumen-del-iv-festival-de-la-cristalografia-2014/>
11. <https://www.alamyimages.fr/photo-image-des-cristaux-de-sel-sem-59049474.html>

12. <https://bibliotecavilareal.wordpress.com/los-textos-de-tesoros-digitales/obri-en-fitz-james-la-lente-de-diamante/>
13. <https://www.xatakafoto.com/colecciones/increibles-imagenes-de-objetos-comunes-realizadas-con-un-microscopio-de-barrido>
14. <https://www.canstockphoto.es/series/microscopic-salt-crystals-37170/>
15. <https://businessinsider.mx/mejores-fotografias-microscopio-revelan-mundo-oculto/>
16. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852011000100012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000100012)
17. <https://ecodiario.eleconomista.es/viralplus/noticias/9791803/03/19/Reconoces-estos-cubos-Los-comes-casi-a-diario.html>
18. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Flosretosdeciencias.files.wordpress.com%2F2021%2F04%2F4x4020210405\\_114107.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Flosretosdeciencias.wordpress.com%2F2021%2F04%2F11%2Freto-6-cristalizacion-de-sal-comun%2F&tbnid=B0YzC32tkzjb2M&vet=12ahUKEwje0o719cv1AhW\\_hP0HHUa3Cf4QxiAoAXoECAAQFw..i&docid=wdJ6bIDyHpf02M&w=1280&h=960&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwje0o719cv1AhW\\_hP0HHUa3Cf4QxiAoAXoECAAQFw](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Flosretosdeciencias.files.wordpress.com%2F2021%2F04%2F4x4020210405_114107.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Flosretosdeciencias.wordpress.com%2F2021%2F04%2F11%2Freto-6-cristalizacion-de-sal-comun%2F&tbnid=B0YzC32tkzjb2M&vet=12ahUKEwje0o719cv1AhW_hP0HHUa3Cf4QxiAoAXoECAAQFw..i&docid=wdJ6bIDyHpf02M&w=1280&h=960&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwje0o719cv1AhW_hP0HHUa3Cf4QxiAoAXoECAAQFw)
19. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fpreviews.123rf.com%2Fimages%2Fsolstudio%2Fsolstudio1503%2Fsolstudio150300067%2F37241097-cristales-de-sal-incre%25C3%25ADbles-bajo-el-microscopio.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fes.123rf.com%2Fphoto\\_37241097\\_cristales-de-sal-incre%25C3%25ADbles-bajo-el-microscopio.html&tbnid=9dPxZ8kq2FQUyM&vet=12ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMygBegUIARC8AQ..i&docid=poH0Gzh8Fi99yM&w=1300&h=866&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMygBegUIARC8AQ](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fpreviews.123rf.com%2Fimages%2Fsolstudio%2Fsolstudio1503%2Fsolstudio150300067%2F37241097-cristales-de-sal-incre%25C3%25ADbles-bajo-el-microscopio.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fes.123rf.com%2Fphoto_37241097_cristales-de-sal-incre%25C3%25ADbles-bajo-el-microscopio.html&tbnid=9dPxZ8kq2FQUyM&vet=12ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMygBegUIARC8AQ..i&docid=poH0Gzh8Fi99yM&w=1300&h=866&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMygBegUIARC8AQ)
20. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fi.pinimg.com%2F originals%2F1b%2F0c%2F06%2F1b0c06f3e24260229962aa403e3ffa2b.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.de%2Fpin%2F574560864944836255%2F&tbnid=QhdTEbpSZ53NyM&vet=12ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi\\_0HHRDdAUUQxiAoCXoECAAQGw..i&docid=HYU0cJoJCJu6ZM&w=1280&h=1040&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi\\_0HHRDdAUUQxiAoCXoECAAQGw](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fi.pinimg.com%2F originals%2F1b%2F0c%2F06%2F1b0c06f3e24260229962aa403e3ffa2b.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.de%2Fpin%2F574560864944836255%2F&tbnid=QhdTEbpSZ53NyM&vet=12ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi_0HHRDdAUUQxiAoCXoECAAQGw..i&docid=HYU0cJoJCJu6ZM&w=1280&h=1040&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi_0HHRDdAUUQxiAoCXoECAAQGw)
21. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fpreviews.123rf.com%2Fimages%2Fcalyptra%2Fcalyptra1504%2Fcalyptra150400034%2F38747376-los-cristales-de-sal-en-una-micrograf%25C3%25ADa-polarizaci%25C3%25B3n-tomada-en-100x-los-cubos-blancos-se-muestran-aq.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fes.123rf.com%2Fphoto\\_38747376\\_los-cristales-de-sal-en-una-micrograf%25C3%25ADa-polarizaci%25C3%25B3n-tomada-en-100x-los](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fpreviews.123rf.com%2Fimages%2Fcalyptra%2Fcalyptra1504%2Fcalyptra150400034%2F38747376-los-cristales-de-sal-en-una-micrograf%25C3%25ADa-polarizaci%25C3%25B3n-tomada-en-100x-los-cubos-blancos-se-muestran-aq.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fes.123rf.com%2Fphoto_38747376_los-cristales-de-sal-en-una-micrograf%25C3%25ADa-polarizaci%25C3%25B3n-tomada-en-100x-los)

[-cubos-blancos-se-muestran-aqu%25C3%25AD-en-u.html&tbid=acVEIfkOhdZQiM&vet=12ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi\\_0HHRDdAUUQxiAoB3oECAAQJQ..i&docid=3uz4NkusbwIDdM&w=1300&h=866&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=2ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi\\_0HHRDdAUUQxiAoB3oECAAQJQ#imgsrc=rgCrOLyn325n8M&imgdii=4H3ua53v7Sp\\_0M](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.elagoradiario.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F02%2Fcrisales-sal-1140x600.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.elagoradiario.com%2Fagua%2Fpequena-desalinizadora-solar-escasez-agua%2F&tbid=PsH3qqVp0tq_2M&vet=10CAUQxiAoBGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4..i&docid=fVVr4cxXxXMekM&w=1140&h=600&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=2ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi_0HHRDdAUUQxiAoB3oECAAQJQ#imgsrc=rgCrOLyn325n8M&imgdii=4H3ua53v7Sp_0M)

22. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.elagoradiario.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F02%2Fcrisales-sal-1140x600.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.elagoradiario.com%2Fagua%2Fpequena-desalinizadora-solar-escasez-agua%2F&tbid=PsH3qqVp0tq\\_2M&vet=10CAUQxiAoBGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4..i&docid=fVVr4cxXxXMekM&w=1140&h=600&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=0CAUQxiAoBGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.elagoradiario.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F02%2Fcrisales-sal-1140x600.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.elagoradiario.com%2Fagua%2Fpequena-desalinizadora-solar-escasez-agua%2F&tbid=PsH3qqVp0tq_2M&vet=10CAUQxiAoBGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4..i&docid=fVVr4cxXxXMekM&w=1140&h=600&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=0CAUQxiAoBGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4)
23. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fiescarpetania.files.wordpress.com%2F2015%2F02%2Fdsc\\_0931.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fiescarpetania.wordpress.com%2F2015%2F02%2F05%2Flos-primeros-cristales%2F&tbid=1UiE1hccOdx-XM&vet=10CAMQxiAoAGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4..i&docid=FFauW23CC2\\_doM&w=3840&h=2160&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=0CAMQxiAoAGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4#imgsrc=G72wFPBpAEIaiM&imgdii=3eLJEYcjt7glaM](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fiescarpetania.files.wordpress.com%2F2015%2F02%2Fdsc_0931.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fiescarpetania.wordpress.com%2F2015%2F02%2F05%2Flos-primeros-cristales%2F&tbid=1UiE1hccOdx-XM&vet=10CAMQxiAoAGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4..i&docid=FFauW23CC2_doM&w=3840&h=2160&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=0CAMQxiAoAGoXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4#imgsrc=G72wFPBpAEIaiM&imgdii=3eLJEYcjt7glaM)
24. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmedia.istockphoto.com%2Fphotos%2Famazing-salt-crystal-close-up-under-the-light-microscope-grown-of-picture-id1301655682%3Fb%3D1%26k%3D20%26m%3D1301655682%26s%3D170667a%26w%3D0%26h%3D42SDmoDB-IYOlTyhKNoxHm4Gs7JHmPdfS2hYcZuAwSY%3D&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.freejpg.com.ar%2Fimagenes%2Fpremium%2F1300695286%2Fincreible-cristal-desal-de-cerca-bajo-el-microscopio-de-luz-cristal-cultivado-de-sal-de-mesa&tbid=XvN5rUCYosLEBM&vet=12ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMyhAegQIARBe..i&docid=a\\_T163zPDIXvVM&w=509&h=338&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=2ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMyhAegQIARBe](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmedia.istockphoto.com%2Fphotos%2Famazing-salt-crystal-close-up-under-the-light-microscope-grown-of-picture-id1301655682%3Fb%3D1%26k%3D20%26m%3D1301655682%26s%3D170667a%26w%3D0%26h%3D42SDmoDB-IYOlTyhKNoxHm4Gs7JHmPdfS2hYcZuAwSY%3D&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.freejpg.com.ar%2Fimagenes%2Fpremium%2F1300695286%2Fincreible-cristal-desal-de-cerca-bajo-el-microscopio-de-luz-cristal-cultivado-de-sal-de-mesa&tbid=XvN5rUCYosLEBM&vet=12ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMyhAegQIARBe..i&docid=a_T163zPDIXvVM&w=509&h=338&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=2ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMyhAegQIARBe)
25. [https://www.google.com/imgres?imgurl=x-raw-image%3A%2F%2F%2F24481b47d93bfddad2914fc66c65bf95c37d1d155286bbc3a9902b905eb6975d&imgrefurl=https%3A%2F%2Fbibliofep.fundacionempresaspoler.org%2Fmedia%2F16715%2Flibro\\_ciencia\\_para\\_nosotros\\_lw\\_07.pdf&tbid=2v072UcbSCTvGM&vet=10CA0QxiAoC2oXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEB8..i&docid=ZS6atHGVtL07sM&w=502&h=362&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=0CA0QxiAoC2oXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEB8](https://www.google.com/imgres?imgurl=x-raw-image%3A%2F%2F%2F24481b47d93bfddad2914fc66c65bf95c37d1d155286bbc3a9902b905eb6975d&imgrefurl=https%3A%2F%2Fbibliofep.fundacionempresaspoler.org%2Fmedia%2F16715%2Flibro_ciencia_para_nosotros_lw_07.pdf&tbid=2v072UcbSCTvGM&vet=10CA0QxiAoC2oXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEB8..i&docid=ZS6atHGVtL07sM&w=502&h=362&itg=1&q=microscopio%20crisales%20de%20sal&ved=0CA0QxiAoC2oXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEB8)
26. <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fpreviews.123rf.com%2Fimages%2Fcalyptra%2Fcalyptra1504%2Fcalyptra150400034%2F38>

[747376-los-cristales-de-sal-en-una-micrograf%C3%ADa-polarizaci%C3%B3n-tomada-en-100x-los-cubos-blancos-se-muestran-aq.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fes.123rf.com%2Fphoto\\_38747376\\_los-cristales-de-sal-en-una-micrograf%C3%ADa-polarizaci%C3%B3n-tomada-en-100x-los-cubos-blancos-se-muestran-aq%25C3%25AD-en-u.html&tbnid=acVEIfkOhdZQiM&vet=12ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi\\_0HHRDdAUUQxiAoB3oECAAQJQ..i&docid=3uz4NkusbwIDdM&w=1300&h=866&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi\\_0HHRDdAUUQxiAoB3oECAAQJQ](https://es.123rf.com/photo_38747376_los-cristales-de-sal-en-una-micrograf%C3%ADa-polarizaci%C3%B3n-tomada-en-100x-los-cubos-blancos-se-muestran-aq.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fes.123rf.com%2Fphoto_38747376_los-cristales-de-sal-en-una-micrograf%C3%ADa-polarizaci%C3%B3n-tomada-en-100x-los-cubos-blancos-se-muestran-aq%25C3%25AD-en-u.html&tbnid=acVEIfkOhdZQiM&vet=12ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi_0HHRDdAUUQxiAoB3oECAAQJQ..i&docid=3uz4NkusbwIDdM&w=1300&h=866&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwikzaPNxcX1AhUBi_0HHRDdAUUQxiAoB3oECAAQJQ)

27. <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fi.pinimg.com%2Foriginals%2F69%2F54%2F31%2F69543185cc7e64dfbc4ec71ee50a0eeb.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.es%2Fpin%2F468515167466275233%2F&tbnid=sCV3RFSSymdYIM&vet=10CBcQxiAoA2oXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4..i&docid=-u4Ji2Jne23rbM&w=500&h=667&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=0CBcQxiAoA2oXChMI-NCe2PXL9QIVAAAAAB0AAAAAEA4>
28. <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.biodiversidadvirtual.org%2Fmicro%2Fdata%2Fmedia%2F53%2FCristalizacion-cloruro-de-sodio-2255.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.biodiversidadvirtual.org%2Fmicro%2FCristalizacion-cloruro-de-sodio-img2255.html&tbnid=cWOspNvpSYNOOrM&vet=12ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMyhlegQIARBV..i&docid=jGoLQNcjVbUEvM&w=800&h=600&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMyhlegQIARBV#imgrc=w6l2Qx2btjtfQM&imgdii=Bjm931nrzAcvCM>
29. <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.biodiversidadvirtual.org%2Fmicro%2Fdata%2Fmedia%2F53%2FCristalizacion-cloruro-de-sodio-2255.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.biodiversidadvirtual.org%2Fmicro%2FCristalizacion-cloruro-de-sodio-img2255.html&tbnid=cWOspNvpSYNOOrM&vet=12ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMyhlegQIARBV..i&docid=jGoLQNcjVbUEvM&w=800&h=600&itg=1&q=microscopio%20cristales%20de%20sal&ved=2ahUKEwjfx6fKuMD1AhUT-hoKHeQQCxAQMyhlegQIARBV>
30. <https://www.gettyimages.in/photos/microscopic-salt?assettype=image&phrase=microscopic%20salt&sort=mostpopular&license=rf%2Crm>
31. [https://es.123rf.com/photo\\_27542411\\_cristales-de-sal-incre%C3%ADbles-bajo-el-microscopio.html](https://es.123rf.com/photo_27542411_cristales-de-sal-incre%C3%ADbles-bajo-el-microscopio.html)
32. [https://es.123rf.com/photo\\_27542403\\_cristales-de-sal-incre%C3%ADbles-bajo-el-microscopio.html](https://es.123rf.com/photo_27542403_cristales-de-sal-incre%C3%ADbles-bajo-el-microscopio.html)
33. <https://www.alamy.es/asombroso-cristal-de-sal-cerca-bajo-el-microscopio-de-luz-cristal-cultivado-de-sal-de-mesa-image401975833.html>

34. <https://cen.acs.org/analytical-chemistry/structural-biology/La-microscopia-crioelectronica-desvela-como-crecen-los-cristales-de-proteinas/96/i15>
35. <https://lacienciadeloscristales.blogspot.com/2019/04/crecimiento-de-cristales-al-microscopio.html>
36. <https://www.canstockphoto.es/cristales-de-sal-del-mar-flotando-15025538.html>
37. <http://biotech-spain.com/es/articulos/la-sal-un-nuevo-facilitador-para-los-dispositivos-electronicos-basados-en-grafeno/>

## Fuentes - Parte 2 - Biochips microfluídicos

38. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270119308736>
39. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.107771>
40. [https://elpais.com/elpais/2016/06/08/ciencia/1465379725\\_850314.html](https://elpais.com/elpais/2016/06/08/ciencia/1465379725_850314.html)
41. [https://es.wikipedia.org/wiki/Nanopart%C3%ADculas\\_plasm%C3%B3nicas](https://es.wikipedia.org/wiki/Nanopart%C3%ADculas_plasm%C3%B3nicas)
42. <https://idus.us.es/handle/11441/90836>
43. <https://www.imtag.ch/en/products/biochips-microfluidic-flow-cells/>
44. <https://www.ungs.edu.ar/evento/seminario-microfluidica-laboratorios-en-un-chip-aplicaciones-a-sistemas-de-control-de-temperatura>
45. [https://es.made-in-china.com/co\\_konlida/product\\_Microfluidic-Chip-Electrochemical-Chip-Three-Electrode-Chip-Biochip-Mems-Chip\\_uosuseynyng.html](https://es.made-in-china.com/co_konlida/product_Microfluidic-Chip-Electrochemical-Chip-Three-Electrode-Chip-Biochip-Mems-Chip_uosuseynyng.html)
46. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2013/nr/c3nr33459g>
47. <https://phys.org/news/2016-09-nickel-graphene-tuned-optimal-fracture.html>
48. [https://www.researchgate.net/figure/The-illustration-of-the-biochip-with-injection-moulded-top-cover-ie-Chip-1-A-The\\_fig1\\_347151303](https://www.researchgate.net/figure/The-illustration-of-the-biochip-with-injection-moulded-top-cover-ie-Chip-1-A-The_fig1_347151303)
49. [https://www.consalud.es/profesionales/los-teragnosticos-abren-un-nuevo-capitulo-en-la-medicina-de-precision\\_36657\\_102.html](https://www.consalud.es/profesionales/los-teragnosticos-abren-un-nuevo-capitulo-en-la-medicina-de-precision_36657_102.html)
50. <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/la-teranostica-una-tecnica-nuclear-para-visualizar-y-eliminar-las-celulas-cancerosas/>
51. <https://idus.us.es/handle/11441/90836>
52. <https://www.t4h.com.br/noticias/microfluidica-projetos-abertos-facilitam-pesquisas-na-area-da-saude/>
53. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=biochip-detecta-hiv&id=010110100719#.YdmkzmjMLb4>
54. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=biochip-detecta-tipo-gravidade-cancer&id=010110091021#.YdmlAGjMLb4>
55. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=microlaboratorio-megaprodutivo-vira-uma-microfabrica-quimica&id=010110081126#.YdmlhGjMLb5>

56. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=biochip-mede-nivel-glicose-saliva&id=010110120308#.YdnnYGjMLb5>
57. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=laser-campos-eletricos-lab-on-chip&id=010165110714#.YdnqcmjMLb6>
58. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=biochip-de-papel-barateara-exames-clinicos-analise-da-agua&id=010165081003#.Ydml0GjMLb4>
59. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=tricorder-cartuchos-descartaveis-detectar-doencas&id=010165151218#.Ydmjl2jMLb5>
60. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165050720#.YdnXGGjMLb4>
61. <https://www.osapublishing.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-15-20-13272&id=142476>
62. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsp Photonics.6b00857>
63. <https://nanoscalereslett.springeropen.com/articles/10.1186/s11671-016-1636-x>
64. <https://corona2inspect.blogspot.com/2021/12/identificacion-patrones-vacunas-coronavirus-nanoantena-plasmonica.html?m=1>
65. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsp Photonics.6b00857>
66. <https://idus.us.es/handle/11441/90836>
67. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsp Photonics.6b00857>
68. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030399218307692>
69. <https://zaguan.unizar.es/record/63074/files/TESIS-2017-093.pdf>
70. <https://www.plasma.com/es/glosario-de-tecnologia-del-plasma/polidimetilsiloxano-pdms/>
71. [https://www.researchgate.net/publication/272661069\\_A\\_Digitally\\_Controlled\\_Polymer-Based\\_Microfluidic\\_Mixing\\_Module\\_Array](https://www.researchgate.net/publication/272661069_A_Digitally_Controlled_Polymer-Based_Microfluidic_Mixing_Module_Array)
72. <https://idus.us.es/handle/11441/90836>
73. <https://en.wikipedia.org/wiki/Polydimethylsiloxane>
74. [https://issuu.com/eablancoster/docs/2\\_nuevas\\_tecnologias#:~:text=El%20grafeno%20es%20un%20material,capas%20que%20forman%20el%20grafito](https://issuu.com/eablancoster/docs/2_nuevas_tecnologias#:~:text=El%20grafeno%20es%20un%20material,capas%20que%20forman%20el%20grafito)
75. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042021000100051](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042021000100051)
76. <https://www.adslzone.net/2018/04/18/grafeno-sustituir-silicio-semiconductores/>
77. <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.119.036101>
78. <https://phys.org/news/2017-07-technique-sheer-graphene-sheets.html>
79. <https://physics.aps.org/articles/v10/81>
80. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-20546-w>
81. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008622318301519>



82. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386947719311014>
83. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2019.113730>
84. <https://www.graphene-info.com/graphene-used-new-plasmonic-research-device-can-lead-virus-drug-and-explosive-detectors>
85. <https://zagan.unizar.es/record/63074/files/TESIS-2017-093.pdf>
86. <https://espanol.apolo.app/oro-y-grafeno-aliados-medicina/>
87. <http://ingenieria.uner.edu.ar/boletin/index.php/lo-ultimo-en-cyt/685-la-microscopia-electronica-ultrarrapida-conduce-a-un-descubrimiento-emocionante>
88. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.1c01824>
89. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165041213#.Ydmm6WjMLb4>
90. [https://es.wikipedia.org/wiki/Semiconductor\\_complementario\\_de\\_%C3%B3xido\\_met%C3%A1lico](https://es.wikipedia.org/wiki/Semiconductor_complementario_de_%C3%B3xido_met%C3%A1lico)
91. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042021000100051#B319](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042021000100051#B319)
92. <https://www.graphene-info.com/graphene-based-device-reveals-dynamics-single-molecule-reactions>
93. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=microchip-sintetiza-dna-armazenar-dados-alta-densidade&id=010150211209#.YdoNL2jMLb4>
94. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=transistor-nanotubo-exame-saude&id=010165130313#.YdzP7mjMLb6>
95. [https://genotipia.com/genetica\\_medica\\_news/genotipacion-adn-biosensor-grafeno/](https://genotipia.com/genetica_medica_news/genotipacion-adn-biosensor-grafeno/)
96. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1603753113>
97. [https://www.researchgate.net/publication/330546881\\_Portable\\_tumor\\_biosensing\\_of\\_serum\\_by\\_plasmonic\\_biochips\\_in\\_combination\\_with\\_nanoimprint\\_and\\_microfluidics](https://www.researchgate.net/publication/330546881_Portable_tumor_biosensing_of_serum_by_plasmonic_biochips_in_combination_with_nanoimprint_and_microfluidics)
98. [https://www.researchgate.net/publication/272661069\\_A\\_Digitally\\_Controlled\\_Polymer-Based\\_Microfluidic\\_Mixing\\_Module\\_Array](https://www.researchgate.net/publication/272661069_A_Digitally_Controlled_Polymer-Based_Microfluidic_Mixing_Module_Array)
99. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13346-017-0366-7>
100. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b03268>
101. <https://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/TC/2021/D1TC01801A>
102. [https://www.scienceopen.com/document\\_file/89a81abf-5c01-4029-b8f1-b593d23636ee/PubMedCentral/89a81abf-5c01-4029-b8f1-b593d23636ee.pdf](https://www.scienceopen.com/document_file/89a81abf-5c01-4029-b8f1-b593d23636ee/PubMedCentral/89a81abf-5c01-4029-b8f1-b593d23636ee.pdf)
103. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115759>
104. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127521001118?via%3Dihub>
105. <http://dx.doi.org/10.1038/srep06086>
106. <https://doi.org/10.1364/OE.21.031862>
107. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/meta.php?meta=biochips>

108. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=ipen-radiofarmaco-biochip&id=010165150203>
109. [https://docs.google.com/document/d/1p-Sj6EMLFtzcTrrs1Nrip68e5DDO7V\\_oRjTmFZd0ya9l/edit#](https://docs.google.com/document/d/1p-Sj6EMLFtzcTrrs1Nrip68e5DDO7V_oRjTmFZd0ya9l/edit#)
110. <https://zagan.unizar.es/record/63074/files/TESIS-2017-093.pdf>
111. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agt2.18>
112. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31166353/>
113. <https://zagan.unizar.es/record/63074/files/TESIS-2017-093.pdf>
114. <https://patents.google.com/patent/US20060275371A1/en>
115. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13346-017-0366-7>
116. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/different-vaccines/Pfizer-BioNTech.html#ingredients>
117. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=grafeno-plasmonica-aumentar-velocidade-internet&id=010110110831#.YeOJlv7MLb4>
118. [https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1916/1/TMIPI\\_CYTR6P72018.pdf](https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1916/1/TMIPI_CYTR6P72018.pdf)
119. <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.119.036101>
120. [https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=grafeno-plasmonica&id=010110120621#.YeNxp\\_7MLb7](https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=grafeno-plasmonica&id=010110120621#.YeNxp_7MLb7)
121. <https://www.secpho.org/casos/poc4cov-2/>
122. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=transistor-3d-fabricado-brasil&id=010110121213#.YeOjMv7MLb4>
123. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanotransistor-avalia-saude-pelo-suor&id=010165150521#.YeS53f7MLb7>
124. <https://www.eenewseurope.com/news/finfet-sensor-dna>
125. <https://www.eenewseurope.com/news/graphene-sensor-detects-covid-19-antibodies-minutes>
126. <https://www.eenewsanalog.com/news/biological-sensing-transistor-made-available-covid-19-testing>
127. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042021000100051#B319](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042021000100051#B319)
128. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.0c02823>
129. <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.119.036101>
130. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33923627/>
131. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31385581/>
132. <https://spa.legatechnics.com/tunable-three-dimensional-graphene-assembly-architectures-through-controlled-diffusion-aqueous-solution-15986745>
133. <https://nanomedspain.net/consejo-superior-de-investigaciones-cientificas-csic-2/>

134. [https://www.google.com/search?q=silicio+semiconductor&rlz=1C1VDKB\\_e sES954ES954&oq=silicio+semiconductor&aqs=chrome..69i57j0i512l2j0i22i3 0l4j69i60.3610j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=silicio+semiconductor&rlz=1C1VDKB_e sES954ES954&oq=silicio+semiconductor&aqs=chrome..69i57j0i512l2j0i22i3 0l4j69i60.3610j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
135. [https://www.researchgate.net/publication/330331176\\_Rapid\\_and\\_Sensitive\\_Detection\\_of\\_the\\_Activity\\_of\\_ADAM17\\_using\\_Graphene\\_Oxide-based\\_Fluorescent\\_Sensor](https://www.researchgate.net/publication/330331176_Rapid_and_Sensitive_Detection_of_the_Activity_of_ADAM17_using_Graphene_Oxide-based_Fluorescent_Sensor)
136. <https://www.graphene-info.com/new-ferroelectric-graphene-device-enables-fast-electron-light-interconnectors>
137. <https://hielismendez.es/el-grafeno-actua-como-antena-plasmonica-condu ce-hacia-cables-de-01-nm-en-chips/>
138. <https://hielismendez.es/samsung-financia-un-proyecto-de-antena-de-grafe no-para-enlaces-intra-chip-inalambricos-y-ultrarrapidos/>
139. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6623383>
140. <https://www.upc.edu/es/sala-de-prensa/noticias/el-grafeno-permite-confina r-la-luz-en-la-cavidad-mas-pequena-construida-hasta-ahora>
141. <https://idus.us.es/handle/11441/90836>
142. <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/nanocapas-biodegradables-para-m icro-robots-de-liberacion-de-farmacos-1345680342040.html?noticiaid=13457 40829244>
143. <http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/RV2020-0122.pdf>
144. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6111/PFC%20-%20D avid%20Hernandez.pdf>
145. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/126972/Francisco%20Jos%C3% A9%20Garc%C3%ADa%20Izquierdo-TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
146. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270119308736>
147. <https://www.nature.com/articles/s41467-018-04172-1>
148. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-05240-8>
149. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-2804202 1000100051#B319](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-2804202 1000100051#B319)
150. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=biochi p-simula-metabolismo-medicamentos-corpo-humano&id=010165090615#.Yg A1-erMLb7>
151. <https://francis.naukas.com/2017/12/27/hacia-las-comunicaciones-usando-t erahercios-gracias-al-grafeno/>
152. <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2017/9768604/>
153. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878778917300868>
154. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adfm.202005300>
155. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30264559/>
156. <https://www.ciberisciii.es/noticias/nuevas-sondas-neuronales-basadas-en-grafeno-mejoran-la-deteccion-de-senales-cerebrales-epilepticas>

157. [https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/2002-microarrays\\_y\\_biochips\\_de\\_adn-document\\_130273164878.pdf](https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/2002-microarrays_y_biochips_de_adn-document_130273164878.pdf)
158. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-20546-w>
159. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC3063103/>
160. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2017.00110/full>
161. [https://www.researchgate.net/publication/283302295\\_CORONA\\_A\\_Coordinate\\_and\\_Routing\\_system\\_for\\_Nanonetworks](https://www.researchgate.net/publication/283302295_CORONA_A_Coordinate_and_Routing_system_for_Nanonetworks)
162. [https://www.researchgate.net/publication/340554034\\_Privacy\\_Preserving\\_Medium\\_Access\\_Control\\_Protocol\\_for\\_wireless\\_Body\\_Area\\_Sensor\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/340554034_Privacy_Preserving_Medium_Access_Control_Protocol_for_wireless_Body_Area_Sensor_Networks)
163. <https://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=40276.php>
164. [https://www.frontiersin.org/files/Articles/230096/fpubh-05-00110-HTML/image\\_m/fpubh-05-00110-g001.jpg](https://www.frontiersin.org/files/Articles/230096/fpubh-05-00110-HTML/image_m/fpubh-05-00110-g001.jpg)
165. [https://www.researchgate.net/publication/348355577\\_Electromagnetic-Based\\_Wireless\\_Nano-Sensors\\_Network\\_Architectures\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/348355577_Electromagnetic-Based_Wireless_Nano-Sensors_Network_Architectures_and_Applications)
166. [https://www.consalud.es/tecnologia/unos-chips-de-microfluidos-podrian-ser-utiles-para-atacar-el-cancer-con-electricidad\\_28175\\_102.html](https://www.consalud.es/tecnologia/unos-chips-de-microfluidos-podrian-ser-utiles-para-atacar-el-cancer-con-electricidad_28175_102.html)
167. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/1307>
168. <https://phys.org/news/2018-06-evidence-magnetism-edges-graphene.html>
169. [https://www.researchgate.net/publication/220915588\\_A\\_high-performance\\_droplet\\_router\\_for\\_digital\\_microfluidic\\_biochips](https://www.researchgate.net/publication/220915588_A_high-performance_droplet_router_for_digital_microfluidic_biochips)
170. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=gotas-programaveis-inauguram-microfluidica-digital&id=010165180313#.YgA37-rMLb7>
171. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=lingua-gem-programacao-biochips-automatiza-quimica&id=010165140711#.YgA3-OrMLb7>
172. [https://es.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mata\\_celular](https://es.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mata_celular)
173. <https://naukas.com/2020/08/03/inteligencia-artificial-y-automatas-celulares/>
174. <https://pybonacci.org/2020/12/09/automatas-celulares/>
175. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2468/1/Modelo-aut%C3%B3matas-celulares-an%C3%A1lisis-subcuenca-rio-san-Jorge.pdf>
176. [https://hmong.es/wiki/Quantum\\_dot\\_celular\\_automata](https://hmong.es/wiki/Quantum_dot_celular_automata)
177. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165060823#.YgA4hOrMLb7>
178. <https://journals.asm.org/doi/10.1128/JCM.42.5.2173-2185.2004>
179. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=gota-movida-por-campos-magneticos-acelera-analise-de-dna&id=010165080509#.YgA4lerMLb7>
180. [http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/cellularautomata/Summer\\_Research\\_files/Arti\\_Ver\\_Inv\\_2011\\_DARG.pdf](http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/cellularautomata/Summer_Research_files/Arti_Ver_Inv_2011_DARG.pdf)

181. <https://www.intechopen.com/chapters/56965>
182. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010110031105>
183. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386947718303783>
184. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-39082016000400006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082016000400006)
185. <https://nanoscalereslett.springeropen.com/articles/10.1186/s11671-016-1636-x>
186. <https://zagan.unizar.es/record/63074/files/TESIS-2017-093.pdf>
187. <https://opg.optica.org/oe/viewmedia.cfm?uri=oe-15-20-13272&html=true>
188. [https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1916/1/TMIPI\\_CYTR6P72018.pdf](https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1916/1/TMIPI_CYTR6P72018.pdf)
189. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsp Photonics.6b00857>
190. <https://nanoscalereslett.springeropen.com/articles/10.1186/s11671-016-1636-x>
191. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211379719307028#f0005>
192. <https://idus.us.es/handle/11441/90836>
193. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=memoria-ram-liquida&id=010165111207#.YgA5O-rMLb6>
194. <https://francis.naukas.com/2017/12/27/hacia-las-comunicaciones-usando-terahercios-gracias-al-grafeno/>
195. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9170555>
196. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878778915000071>
197. <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/12/2104>
198. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878778916300436?via%3Dihub>
199. <https://www.nature.com/articles/srep24946>
200. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7358144>
201. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878778912000075?via%3Dihub>
202. [https://www.researchgate.net/publication/340554034\\_Privacy\\_Preserving\\_Medium\\_Access\\_Control\\_Protocol\\_for\\_wireless\\_Body\\_Area\\_Sensor\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/340554034_Privacy_Preserving_Medium_Access_Control_Protocol_for_wireless_Body_Area_Sensor_Networks)
203. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9057832>
204. [https://www.researchgate.net/publication/231557196\\_TAD-MAC\\_Traffic-aware\\_dynamic\\_MAC\\_protocol\\_for\\_wireless\\_body\\_area\\_sensor\\_networks](https://www.researchgate.net/publication/231557196_TAD-MAC_Traffic-aware_dynamic_MAC_protocol_for_wireless_body_area_sensor_networks)
205. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878778914000325?via%3Dihub>
206. [https://www.researchgate.net/publication/260352510\\_Cloud-Enabled\\_Wireless\\_Body\\_Area\\_Networks\\_for\\_Pervasive\\_Healthcare](https://www.researchgate.net/publication/260352510_Cloud-Enabled_Wireless_Body_Area_Networks_for_Pervasive_Healthcare)

207. [https://www.researchgate.net/publication/283302295\\_CORONA\\_A\\_Coordinate\\_and\\_Routing\\_system\\_for\\_Nanonetworks](https://www.researchgate.net/publication/283302295_CORONA_A_Coordinate_and_Routing_system_for_Nanonetworks)
208. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7424717>
209. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2017.00110/full>
210. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878778917300868#fig1>
211. <https://miracomosehace.com/que-es-red-area-corporal-sirve-crear-utilizar-una/>
212. [https://www.researchgate.net/publication/340421060\\_Advancing\\_Modern\\_Healthcare\\_With\\_Nanotechnology\\_Nanobiosensors\\_and\\_Internet\\_of\\_Nano\\_Things\\_Taxonomies\\_Applications\\_Architecture\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/340421060_Advancing_Modern_Healthcare_With_Nanotechnology_Nanobiosensors_and_Internet_of_Nano_Things_Taxonomies_Applications_Architecture_and_Challenges)
213. [https://www.researchgate.net/publication/348355577\\_Electromagnetic-Based\\_Wireless\\_Nano-Sensors\\_Network\\_Architectures\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/348355577_Electromagnetic-Based_Wireless_Nano-Sensors_Network_Architectures_and_Applications)
214. <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2017/9768604/>
215. <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v32n2/v32n2a14.pdf>
216. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=biochip-que-imita-cerebro-permitira-estudo-detalhado-de-neuronios&id=010165080221#.YgAnu-rMLb7>
217. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/64183/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/64183/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
218. <https://www.ciberisciii.es/noticias/nuevas-sondas-neuronales-basadas-en-grafeno-mejoran-la-deteccion-de-senales-cerebrales-epilepticas>
219. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-20546-w>
220. <https://voi.id/es/tecnologi/69979/neuroswarm3-un-dia-permite-a-los-humanos-usar-la-telepatia>
221. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=neuronios-sao-usados-para-construir-circuito-de-neurocomputador&id=010110081028#.YgAnk-rMLb7>
222. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.202102981>
223. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/tb/c6tb00152a/unauth>
224. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30781759/>
225. <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/14/4236/htm>
226. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493117303776?via%3Dihub#f0060>
227. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnsys.2018.00012/full>
228. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2021.731198/full>
229. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adfm.202005300>
230. <https://www.eenewseurope.com/en/covid-19-reshapes-microfluidics-market/>
231. <https://motoresfera.com/2022/02/06/mercado-bio-mems-y-microfluidica-2022-principales-fabricantes-demandas-emergentes-dinamica-participacion-de-l>

[a-industria-ultimas-tendencias-estimacion-de-tamano-desarrollo-comercial-y-desafios-h/](#)

232. <https://www.industryresearch.co/purchase/14189477>
  233. <https://marketresearch.biz/report/microfluidics-market/>
  234. <https://www.influencersweb.com/microfluidos-marketing-strategies-2021/>
  235. <https://tecnoalimenportal.com/global-chips-de-microfluidos-se-preve-que-el-producto-de-mercado-crezca-a-mil-millones-de-dolares-para-2026-con-una-tasa-de-crecimiento-anual-asombrosa/>
  236. <https://www.eenewseurope.com/en/covid-19-reshapes-microfluidics-market/>
  237. <http://www.revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2008/vol25-No.2B/RCF-25-2B-2008-142.pdf>
  238. <https://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/9880/05/06/COMUNICADO-Cellectricon-firma-un-acuerdo-de-colaboracion-con-AstraZeneca.html>
  239. <https://www.ucb.com/>
  240. <http://www.news-courier.com/drug-discovery/news/pfizer-and-ucb-announce-formation-of-new-company-cyclofluidic-to-accelerate-drug-discovery-process-205152>
-

**Estudio**  
**NanoTEC**

De  
**@InfoVacunas**



<https://t.me/InfoVacunas>