



# HIDDEN NATURE

Tu espacio para la Divulgación Científica

Número 7 · 3T/2019



[www.hidden-nature.com](http://www.hidden-nature.com)



PVP Recomendado - 1.50€

# Biomarcadores

Foto por RichFL

# EDITORIAL

Número 7 · 3T/2019

**Victor Pérez Asuaje**

Estudiante de Biología. CEO de la revista y canal Hidden Nature. Socio del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos Bioscripts.



Seguro que a lo largo de tu vida te han realizado un análisis de sangre para alguna cuestión médica. Es poco común que alguna persona no haya pasado por esta prueba en su vida, ya que, tu sangre dice de ti más de lo que piensas, pero no acerca de tu personalidad, sino más bien de tu estado de salud.

La mayor parte de la población se realizan un análisis de sangre con el fin de revisar que todo esté “funcionando correctamente” y para ello, los médicos buscan verificar las concentraciones de determinados compuestos en su organismo, es decir, sus biomarcadores. Además no solo aparecen en los análisis de sangre, existen otras pruebas, como los de orina o heces, que contienen mucha información relevante sobre tu salud.

De hecho, su utilidad no se detiene aquí. Si, metafóricamente, planteásemos a la Tierra como un organismo (una visión organicista e incorrecta, por lo que tan solo nos vale como

metáfora), podríamos averiguar el estado de salud de sus ecosistemas a través de especies que denominamos “bioindicadores”. No entraré en mayor profundidad porque nuestros colaboradores se encargarán de explicarlo ampliamente, pero citando la frase de uno de ellos:

*A fin de cuentas, tanto los humanos como los ambientes naturales son un sistema conformado por distintas partes interdependientes y conectadas por un delicado equilibrio dinámico entre sí.*

Si pasas la página y te quedas en el País de las Maravillas, te enseñaremos hasta dónde llega la madriguera de conejos.

---

## ÍNDICE

1. Nuevos marcadores tumorales y cáncer de próstata - 3

2. Biomarcadores de estrés en fauna silvestre - 6

3. Biomarcadores en medicina- 9

4. La utilización de bioindicadores para medir el estado de conservación de los ecosistemas fluviales - 11

5. Planeta Vivo - 14

6. Biodiversidad Urbana - 17

7. #PreguntasHN: ¿Por qué los fármacos no funcionan por igual en toda la población? - 20

8. Los biomarcadores del cáncer - 22

9. Museo en Casa: Biomarcadores - 24

10. Biomarcadores de ADN para el control de una parasitosis desatendida: *Ascariasis* - 26

11. No es oro todo lo que reluce - 28

12. Colaboradores y Junta directiva - 31

# Nuevos marcadores tumorales y cáncer de próstata

Un caso práctico para comprender la biomedicina actual

La práctica clínica y la investigación biomédica de nuestros tiempos están en ebullición constante, debido a las nuevas puertas que se han abierto gracias al cada vez más perfilado conocimiento sobre los “biomarcadores” o “marcadores moleculares”. En este contexto, nos referimos únicamente a moléculas cuya presencia (o ausencia), individual o conjuntamente con otras, están revelando un estado de salud que puede ayudar de forma determinante en un diagnóstico o, en los casos más difusos, al menos dar pistas o aportar nueva información sobre una enfermedad ya conocida.

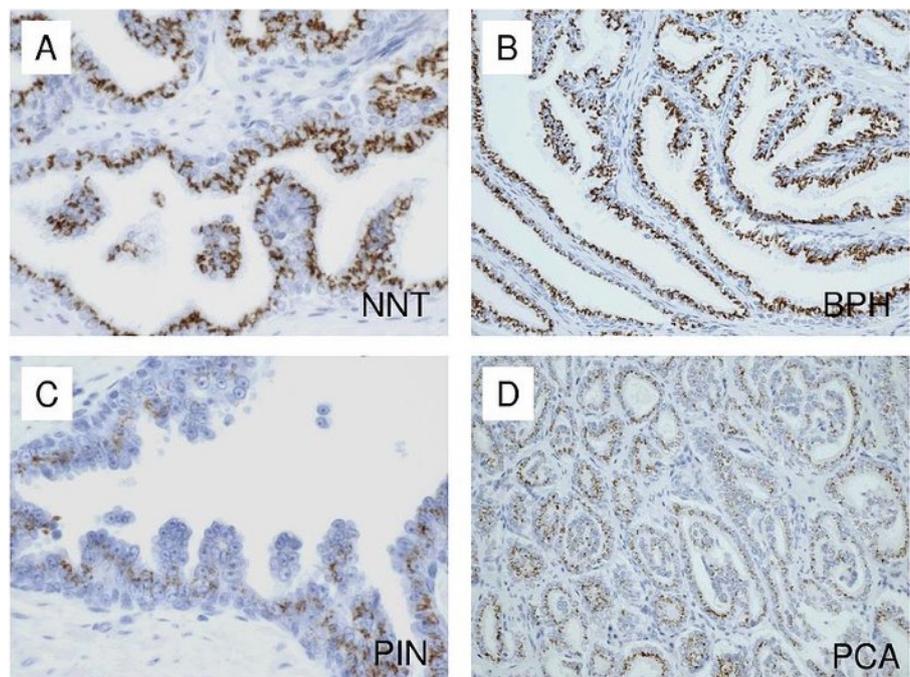
## « CÁNCER DE PRÓSTATA »

Los análisis de sangre son el método más común para la búsqueda de estos marcadores, por ser el medio de transporte de todo el cuerpo; de hecho, cuando nos hacen un análisis de sangre, están siendo analizados muchos marcadores: la creatinina para evaluar la función renal; la hormona estimulante tiroidea (por sus siglas en inglés, TSH), triyodotironina (T3) y tiroxina (T4) para la función de la tiroides, etc. No obstante, también la orina, las heces, la saliva, muestras de tejidos o incluso las uñas pueden ser usadas en algunos análisis. Es un reto tremendamente demandante la búsqueda de biomarcadores fiables y que permitan establecer una correlación fuerte con el estado de salud que se quiere medir.

La literatura al respecto es muy extensa y en cada proceso patológico se buscan sus propios biomarcadores. En la investigación contra el cáncer, por ejemplo, se investiga la existencia de biomarcadores que puedan indicar la presencia de cada tipo de cáncer, o al menos que permitan orientar mejor el diagnóstico del mismo. Por ejemplo, el cáncer de próstata es frecuentemente detectado o apoyado por diagnóstico a través de la búsqueda del PSA (antígeno prostático específico), cuya presencia y niveles también nos aportan información de cómo evoluciona el tratamiento y la reaparición del tumor. El PSA es una glucoproteína exclusivamente sintetizada en las células prostáticas y que sirve para la coagulación del semen, de manera que su presencia elevada en la sangre solo puede indicar un daño o anomalía en el tejido prostático (no solamente cáncer de próstata, sino

también hiperplasia benigna, prostatitis...).

De lo anterior se deriva que el PSA, pese a ser muy utilizado, debe acompañarse de otras pruebas, ya que no es un predictor infalible, hay muchas causas y factores que influyen en los niveles de PSA en sangre. Incluso la eyaculación tiene un efecto de elevación de su concentración temporal en la sangre por filtración a la misma. Cuanto mayores sean los niveles de PSA en sangre, mayor es la probabilidad de que el paciente analizado tenga cáncer de próstata: al 10% de PSA libre en sangre, hay un 68% de probabilidades de que la causa sea un cáncer de próstata. Sin embargo, ello nos deja un 32% de probabilidades de que no lo sea, lo que es un margen de error muy alto. Esta sensibilidad y especificidad son insatisfactorias para considerar al PSA como un biomarcador infalible y la cantidad de muestras de biopsia a examinar sin ser realmente casos de cáncer prostático, guiándonos solamente por él, sería realmente muy alta.



Expresión inmunohistoquímica de p501s en epitelio benigno y maligno de próstata. **A)** Tejido no-neoplásico prostático adyacente a glándulas malignas (NNT). **B)** Hiperplasia benigna prostática. **C)** Neoplasia intraepitelial prostática de alto grado. **D)** Adenocarcinoma prostático.

**Autores:** Ming Yin, Rajiv Dhir y Anil V Parwani

Sirva este caso de ejemplo para hacerse una idea de cómo funcionan los biomarcadores: un tejido dañado o expuesto a una situación estresante o anómala libera una sustancia cuya detección es correlacionada directa y causalmente con el estado patogénico a analizar. El interés de que estos marcadores sean específicos de la enfermedad es crucial, especialmente en dolencias como en las diferentes variantes del cáncer o las enfermedades neurodegenerativas, debido a que el tiempo de ventaja sobre ellas es un factor decisivo en el pronóstico una vez iniciado el tratamiento adecuado.

Por este mismo motivo, las investigaciones se centran en encontrar marcadores todavía más específicos y que complementen la detección de PSA en el terreno de la evaluación del cáncer de próstata. Investigaciones en la última década han encontrado, por ejemplo, a la proteína P504S o AMACR (alfa-Metilacil-CoA racemasa), una enzima peroxisomal y mitocondrial que participa en el metabolismo de los ácidos grasos de cadena ramificada. Es una proteína normalmente detectada por inmunohistoquímica en el citoplasma de células de los túbulos renales, los hepatocitos y el epitelio de los bronquios y la vesícula biliar. Por el contrario, en el epitelio de la próstata y en la hiperplasia benigna (aumento de tamaño de la próstata asociado a la edad) la proteína AMACR (a diferencia del PSA) está a niveles prácticamente indetectables; en cambio sus niveles prostáticos se ven incrementados en la mayoría de casos de neoplasia intraepitelial prostática de alto grado y de adenocarcinomas de próstata.

Otros biomarcadores como la tinción inmunohistoquímica para citoqueratinas de alto peso (CK903 o CK5/6) y el supresor tumoral p63 pueden usarse para favorecer un diagnóstico diferencial; también usados en otros tipos de cáncer como, por ejemplo, los carcinomas de mama, clasificados molecularmente en base a estudios de microarrays de ADN. Sin embargo, al igual que

pasa en otros estudios inmunohistoquímicos, hay problemas de sensibilidad y especificidad.

En la actualidad, por su parte, podemos destacar el trabajo realizado por el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA-CSIC, Zaragoza), el grupo CIBER-BBN, liderado por Jesús Martínez de la Fuente, está enfocado en el proyecto europeo PROSCANEXO, en el que también participan centros de investigación y universidades de los Países Bajos, Noruega, Estonia y Letonia. Este proyecto está estudiando el uso de vesículas extracelulares como biomarcadores de cáncer de próstata, pretendiendo establecer herramientas clínicamente validadas en base al análisis de dichas vesículas y su composición molecular en muestras de sangre y de orina.

En definitiva, los biomarcadores están a la orden del día en la investigación clínica. El perfeccionamiento de las herramientas moleculares, la recopilación acumulativa de cada vez más datos sobre anatomía patológica y metabolómica, así como la cooperación internacional entre laboratorios de investigación, están permitiendo que nos acerquemos cada vez más a métodos más eficaces para el diagnóstico y comprensión de muchas enfermedades de incidencia media y alta en nuestra sociedad; no solamente numerosos tipos de cáncer, sino también el Alzheimer o el Parkinson, pudiendo incluso detectarlo con mayor celeridad a nivel bioquímico. Como siempre, cuanto más sabemos, mejores decisiones tomamos.

### Juan Encina

Graduado en Biología por la Universidad de Coruña y Máster en Profesorado de Educación Secundaria por la Universidad Pablo de Olavide. Colabora en proyectos de divulgación científica desde 2013 como redactor, editor, animador de talleres para estudiantes y ponente.



# Biomarcadores de estrés en fauna silvestre



Dos de los principales atributos que definen a la **Biología de la Conservación** son: su naturaleza aplicada (tiene por finalidad evitar y remediar daños a la biodiversidad) y su carácter multidisciplinar e integrador. Esa búsqueda de integración con otras ramas del saber, unido al alto grado de especialización que demanda la ciencia moderna, han dado lugar a que actualmente se esté consolidando una nueva sub-disciplina científica: la **Fisiología de la Conservación**.

Este matrimonio entre Fisiología (ciencia tradicionalmente desarrollada en el ámbito del laboratorio, utilizando especies domésticas) y Conservación (ciencia ligada al estudio de especies silvestres en su medio natural) se ha convertido en un prometedor reto para los biólogos preocupados por documentar, predecir y remediar los problemas que amenazan la viabilidad de muchas poblaciones de fauna. El estándar tradicionalmente utilizado por los ecólogos para cuantificar el estado de conservación de las poblaciones de fauna ha sido su tamaño: si el número de efectivos disminuye, consideramos que existe un problema de conservación.

Esta aproximación presenta varios inconvenientes, uno de los cuales es que detectamos el problema *a posteriori*, es decir, cuando la perturbación ya está generando un impacto marcadamente negativo. Aunque resulta muy importante cuantificar y verificar si se están produciendo esos efectos numéricos, el tamaño poblacional puede resultar un indicador demasiado tardío para actuar eficazmente. Por este motivo, **uno de los mayores retos actuales en Biología de la Conservación consiste en elaborar métodos y técnicas que permitan anticiparnos al futuro cambio poblacional con antelación**, de cara a poner remedio antes de que se produzcan los declives. **Y este es precisamente uno de los aspectos en los que el matrimonio entre Fisiología y Conservación puede resultar más prometedor: la puesta a punto de biomarcadores fisiológicos en fauna silvestre.**

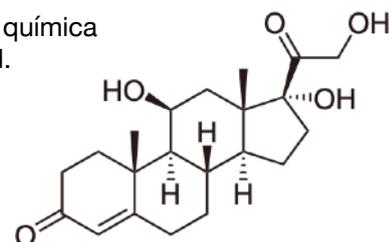
Entre los diferentes parámetros potencialmente útiles para detectar anticipadamente problemas de conservación, resulta evidente que los sistemas fisiológicos de respuesta al estrés están íntimamente conectados con la salud del individuo. La exposición al estrés crónico resulta nociva para cualquier animal (no solo para los humanos) por sus devastadores efectos sobre el sueño y los ritmos circadianos, el crecimiento, metabolismo, sistema inmune, las funciones

cognitivas y reproductoras... que debilitan al individuo facilitando la aparición de enfermedades y dificultando su reproducción y supervivencia. Pero mucho antes de manifestarse estos efectos, determinados parámetros fisiológicos genéricamente conocidos como "mediadores alostáticos" van a ver alterados sus niveles, anunciando la aparición de problemas mayores. De esta forma, **los mediadores alostáticos se postulan como útiles biomarcadores de exposición al estrés.**

En cierto modo, la conexión entre una medida de estrés del individuo y su estado de salud es lo que hace la ciencia médica al diagnosticar una patología humana asociada al estrés: vincula los niveles de ciertos biomarcadores fisiológicos con un mayor riesgo de padecer enfermedades. En el ámbito de la Fisiología de la Conservación, si demostramos que un grupo de individuos de fauna silvestre expuestos a una determinada actividad humana poseen niveles anormales de biomarcadores de estrés, podemos anticipar que se producirá algún impacto negativo sobre su salud, con posibles repercusiones sobre sus tasas de reproducción y supervivencia. Puesto que la suma de individuos componen una población, la cuantificación de biomarcadores de estrés en el individuo permitirá anticipar el futuro efecto de esa actividad humana sobre el tamaño poblacional, disponiendo aún de tiempo para corregir la cadena de impactos negativos.

**La cuantificación de glucocorticoides (como el cortisol o la corticosterona) está demostrando ser uno de los biomarcadores más efectivos para detectar la exposición al estrés en**

Estructura química del cortisol.



## « FAUNA SILVESTRE »

**vertebrados silvestres**, con numerosas aplicaciones en el ámbito de la conservación. Los niveles circulantes de glucocorticoides u "hormonas del estrés" se elevan de forma natural cuando aumentan las demandas energéticas del medio (por ejemplo, en respuesta a perturbaciones antrópicas). A corto plazo, estas elevaciones hormonales favorecen que el individuo adquiera un "estado de emergencia vital", mediando cambios fisiológicos y de comportamiento encaminados a sobrellevar la perturbación. Sin embargo, **a largo plazo, la exposición prolongada o repetida a estímulos nocivos genera una disregulación hormonal crónica, que se traduce en niveles anormalmente altos o bajos de estos biomarcadores.**

Por ejemplo, a comienzos del presente siglo se detectaron niveles anormalmente bajos de corticosterona en cigüeñas nacidas en el entorno de Doñana. La Estación Biológica de Doñana realizó un pormenorizado estudio, y demostró una asociación directa con los niveles del plomo procedente del vertido de las minas Boliden-Apirsa, acontecido pocos años antes en la localidad de Aznalcóllar. Este estudio contribuyó a reforzar la idea de que **los niveles de glucocorticoides constituyen**

**biomarcadores de exposición a contaminantes en fauna silvestre.** A su vez, las propias cigüeñas sirvieron de centinelas ambientales, señalando la existencia de un problema en el medio, y un vínculo genérico con la fisiología de la respuesta al estrés en fauna vertebrada; que solo años más tarde se confirmaría en poblaciones de humanos.

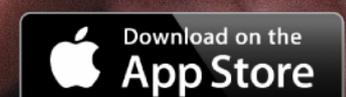
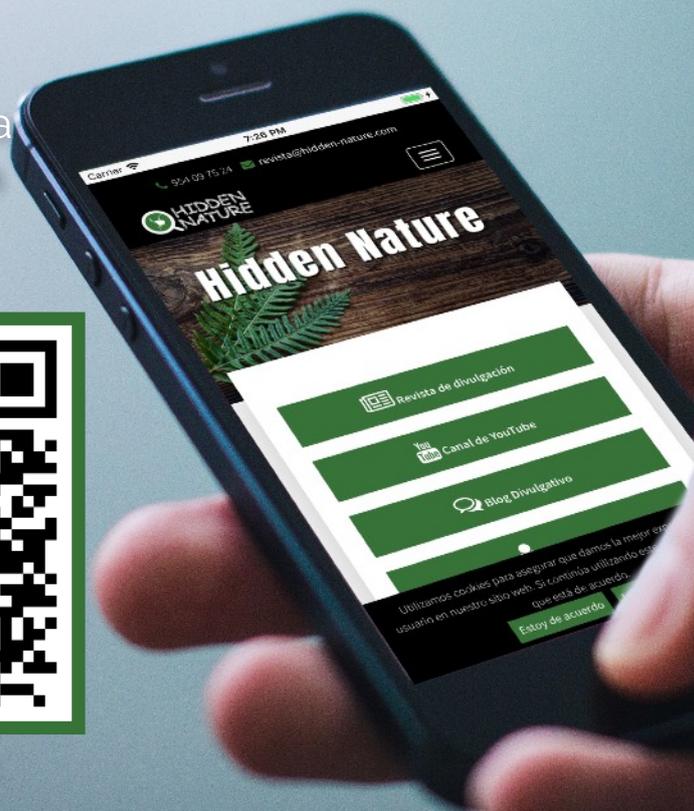
**A diario se publican nuevos estudios que validan el uso de los glucocorticoides como biomarcadores de exposición al estrés ambiental.** Por mencionar solo algunas aplicaciones adicionales en Biología de la Conservación, los glucocorticoides han sido utilizados como biomarcadores para rediseñar programas de rehabilitación y reintroducción de fauna, evaluar la efectividad de traslocaciones y refuerzos poblacionales, estimar la calidad de diferentes tipos de hábitat, evaluar la efectividad e impacto de técnicas de marcaje, o delimitar la amplitud de zonas de reserva que minimicen las molestias a fauna amenazada.

### Julio Blas García

Científico Titular en la Estación Biológica de Doñana, CSIC. Departamento de Biología de la Conservación



Descarga nuestra APP y lee ciencia donde quieras y cuando quieras



# Biomarcadores en medicina

La medicina personalizada, o de precisión, se basa en identificar molecular o genéticamente cada paciente. Esta identificación, estas características específicas, se denominan *biomarcadores*. Estos biomarcadores pueden ser mutaciones o niveles de un gen, una proteína, un ARN un ARNm, una molécula metabólica o un conjunto de varias de ellas. En este último caso, se trataría de un perfil de biomarcadores, es decir, marcadores para asignar a cada paciente la terapia más adecuada. En la medicina de precisión, no solo debemos conocer los biomarcadores específicos, sino las terapias adaptadas a cada caso. Ejemplos de esto son las mutaciones que activan el receptor para el factor de crecimiento epidérmico y la actividad de determinadas terapias en tumores de pulmón o, por el contrario, mutaciones del gen K-ras y la resistencia a terapias en determinados tumores.

No nos sirve tener un biomarcador claro, sino qué terapia efectiva debemos proponer en

caso de tener ese biomarcador. Y aquí, en esta dualidad efectiva, es donde falla aún gran parte del proceso. Hay pocos biomarcadores claros adaptados a terapias activas y eficientes, y pocas terapias activas asociadas a un número creciente de biomarcadores. Es necesario un desarrollo paralelo de nuevas terapias capaces de adaptarse a los nuevos biomarcadores y viceversa. En este contexto, terapias dirigidas por biomarcadores desde el inicio o biomarcadores basados en dianas terapéuticas parecen la mejor y fiable opción.

En la actualidad existen diversas terapias dirigidas, casi siempre ligadas a biomarcadores relacionados con la diana de actividad. Sin embargo, muchas terapias dirigidas, a día de hoy, aún no tienen biomarcadores realmente fiables para la estratificación de pacientes. Es el caso de terapias antineoangiogénicas o contra el *checkpoint inmune*. Terapias antitumorales que funcionan en muchos casos, pero cuyo biomarcador se escapa por ahora. Es posible que los elementos técnicos para su búsqueda

## « MEDICINA »

sean inadecuados, como anticuerpos o complejos ensayos *in vivo* para su validación; o que sean tratamientos más inespecíficos de lo que se piensa, con lo que participarían más biomarcadores no dirigidos a una sola diana terapéutica.

Existe un amplio porcentaje de terapias que resultan inespecíficas y citotóxicas, cuyo mecanismo de acción no se basa en una sola diana, proliferando los mecanismos de resistencia a esa diana. Buscar marcadores de sensibilidad o resistencia es complicado. Se trata de buscar patrones comunes para un tratamiento cuya eficacia depende de cada paciente. Es el “gato que persigue su cola”.

En cáncer, gran cantidad de tumores se tratan con cisplatino, o sus análogos, carboplatino u oxaliplatino. Su actividad depende de matar con más eficacia a las células tumorales que a las normales produciendo daño en el ADN que es imposible de reparar. Los métodos parecen depender más de los mecanismos efectores de la apoptosis, pero estos parecen múltiples y no conservados entre pacientes.

Aun así, parece que hay biomarcadores identificados para pacientes con más resistencia a estas terapias, por ejemplo aumento de BCL2, una proteína que previene la apoptosis y la muerte del tumor. Pero en este caso, y en muchos otros casos, no hay terapias alternativas para un paciente tratado con carbo/cisplatino y que tiene alto BCL2. Pasaría por buscar pacientes donde la toxicidad a platinos fuera muy alta y reducir su tratamiento a dosis menos tóxicas para el paciente, o tratarlos con otra terapia de menor toxicidad. Alternativamente, y quizás con una “cabeza de ventaja”, se podría implementar el descubrimiento de nuevos fármacos asociados, al menos hasta el descubrimiento de nuevas terapias efectivas.

El proceso se complica a su vez considerando que muchos tumores van a sufrir un proceso de evolución tumoral que puede depender de múltiples factores. Y en este proceso hay que



tener en cuenta las mutaciones originales, el microambiente, la convolución tumoral, los procesos metabólicos, los genes coadyuvantes, y otros factores igualmente determinantes.

Es decir, un amplísimo “océano” de conocimiento por descubrir donde, para alcanzar una medicina realmente personalizada y efectiva, aún nos queda mucho por avanzar. Estamos “arañando” la superficie y algunas terapias asociadas a biomarcadores comienzan a dar sus primeros frutos.

### **Amancio Carnero Moya**

Investigador Científico CSIC. IBIS.  
Instituto de Biomedicina de Sevilla.  
Transferencia de Tecnología.





# La utilización de bioindicadores para medir el estado de conservación de los ecosistemas fluviales

Debido al gran desarrollo industrial que se ha producido en Europa desde mediados del siglo XIX, los ecosistemas se han visto muy degradados. En especial, los ecosistemas más afectados han sido los fluviales, utilizados desde antaño como sumidero de residuos o como áreas agrícolas o urbanas. En la actualidad hay numerosas causas de degradación de la calidad del agua y de las comunidades biológicas que habitan en ella, tales como la contaminación por materia orgánica y el enriquecimiento en nutrientes, la eliminación o degradación del bosque de ribera, la rectificación y canalización de ríos, la regulación de cauces, la presencia de contaminantes inorgánicos y orgánicos persistentes, o las actividades mineras.

Los primeros intentos de evaluación de muchas de estas alteraciones se basaron en una valoración fisicoquímica de la calidad del agua, estableciendo umbrales de concentración para

algunas sustancias consideradas tóxicas o indicadoras de calidad. No obstante, estos análisis proporcionan una valoración instantánea de la calidad del agua, mientras que los efectos de un vertido sobre la comunidad biótica pueden persistir mucho después de que los valores de los parámetros fisicoquímicos hayan vuelto a la normalidad. Para obtener una visión más amplia de la calidad de un río habría que realizar un seguimiento fisicoquímico continuado en el tiempo, lo que implica un elevado coste, ya que requiere instrumentación específica.

Una solución más económica e integral consiste en estudiar una comunidad biológica, ya que su estructura funcional incorpora el efecto de muchos factores ambientales y, además, necesita un tiempo más o menos prolongado para recuperarse tras sufrir una perturbación. De tal forma que una alteración de la estructura de la comunidad con respecto

## « ECOSISTEMAS FLUVIALES »

a las condiciones naturales puede ser indicativa de una perturbación sufrida tiempo atrás o que aún está afectando a la comunidad. A este procedimiento se le denomina biovaloración, en la que se utilizan los denominados bioindicadores.

Existen diferentes tipos de indicadores biológicos de ecosistemas fluviales, como microorganismos, macrófitos o peces. Sin embargo, uno de los grupos más ampliamente utilizados, y establecido por la propia Directiva Marco de Agua (DMA) como un tipo de indicadores a utilizar, son los macroinvertebrados acuáticos. Estos invertebrados alcanzan en su ciclo biológico un tamaño superior a 200  $\mu\text{m}$ , siendo visibles a simple vista. Esta comunidad está caracterizada por una enorme diversidad taxonómica, por tanto, presenta una elevada variedad de adaptaciones morfológicas y de comportamiento para poder aprovechar los recursos tróficos que ofrece un ecosistema fluvial.

Esta alta diversidad taxonómica, de tipos de alimentación y de diferentes ciclos de vida hacen de la comunidad de macroinvertebrados una buena indicadora de la calidad ecológica de los ríos, ofreciendo un amplio espectro de respuestas a las diferentes perturbaciones

ambientales. Además, la relativamente escasa capacidad de desplazamiento de los macroinvertebrados permite un efectivo análisis espacial de la contaminación que, unido a los largos ciclos de vida de algunos grupos, permiten también el análisis temporal de las perturbaciones. Entre los grupos más sensibles a las alteraciones del ecosistema están las larvas acuáticas de los insectos pertenecientes a los órdenes *Trichoptera*, *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, y las larvas y adultos de los coleópteros acuáticos. Estos grupos han mostrado una alta sensibilidad a la contaminación y a la degradación de los ecosistemas acuáticos españoles. No obstante, otros grupos muestran una alta resistencia a las perturbaciones y a la contaminación, como pueden ser algunas especies de oligoquetos, dípteros y moluscos. Entre las estrategias para soportar estas condiciones se encuentran la alta tolerancia a compuestos tóxicos o la corta duración de sus ciclos de vida, lo que les permite medrar en condiciones adversas.

Dentro de los macroinvertebrados acuáticos que son utilizados como bioindicadores, el grupo más importante es el de los artrópodos. Estos constituyen el 68% de la fauna dulceacuícola europea, indicando la



importancia y trascendencia del grupo en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Dentro de estos, los insectos son el grupo más numeroso, destacando:

- **Efemerópteros (A, B):** larvas exclusivamente acuáticas y pueden vivir hasta 2 años. Presentan diferencias en cuanto a su tolerancia a bajas concentraciones de O<sub>2</sub>, son buenos indicadores de la calidad y tienen alta sensibilidad a condiciones ácidas.
- **Plecópteros:** larvas exclusivamente acuáticas. Viven en el fondo de cauces de aguas frías, bien oxigenadas y libres de contaminación, por lo que son ampliamente utilizados como bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático.
- **Odonatos:** las larvas son acuáticas sin excepción. Pueden vivir en una amplia variedad de hábitats, pero son más frecuentes en las zonas con poca velocidad de corriente de los cursos fluviales, como remansos o en pequeñas lagunas
- **Coleópteros (C, D):** 15% de las especies aproximadamente son acuáticas. Esta adaptación al medio acuático puede tener lugar en diferentes etapas del ciclo vital, de manera que en algunos grupos las larvas y adultos son acuáticos, mientras que en otros solo una de las dos fases.
- **Dípteros (E):** muchas especies presentan larvas acuáticas. Algunas especies están adaptadas a vivir en zonas con elevadas corrientes y concentraciones de oxígeno, otras son especies oportunistas, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas, por lo que hay

especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de la misma.

- **Tricópteros (F):** larvas exclusivamente acuáticas, presentan en general cierta exigencia en cuanto a la calidad del agua.

Esta variedad de rangos de tolerancia a las perturbaciones significa que, ante una alteración, hay especies muy sensibles que pueden desaparecer o reducir su abundancia, mientras que las más tolerantes pueden incrementar sus densidades cuando otras ya han desaparecido. Esta propiedad ha permitido el desarrollo de los denominados índices bióticos basados en la tolerancia de los diferentes taxones de macroinvertebrados a la contaminación o a las perturbaciones humanas.

**Marta Escriña López**

Bióloga (UAM), máster en Biología de la Conservación (UCM), ambas en Madrid. Actualmente, estoy enfocando mi carrera hacia la educación ambiental y la divulgación.

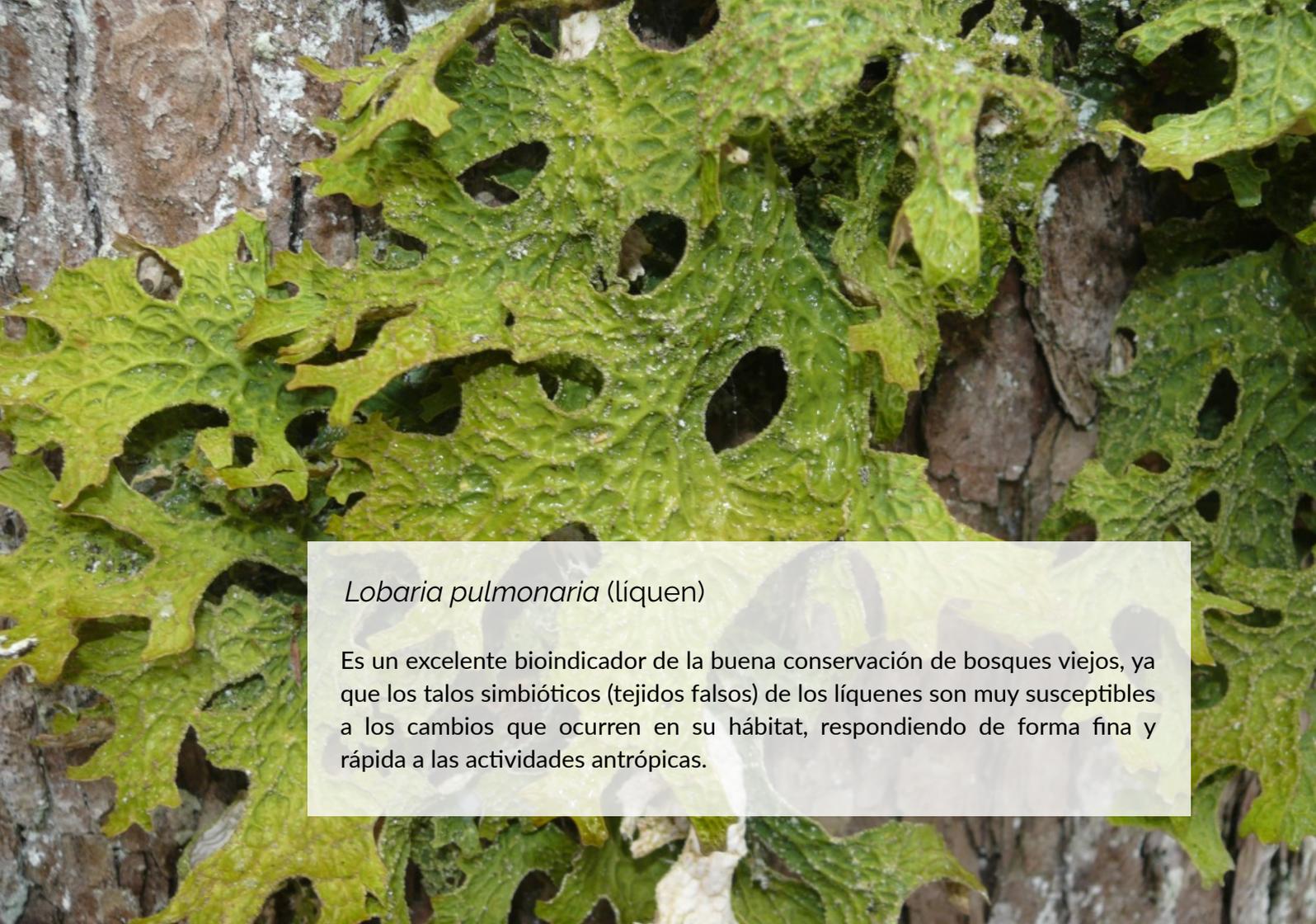




# Planeta VIVO

## *Diatomea* (Diatomeas)

Las diatomeas han servido en muchos estudios para la supervisión del cambio ambiental, al responder de forma rápida y ser sensibles a los cambios físicos, químicos y biológicos que ocurren en su entorno. Su amplia distribución y su fácil recolección y preservación, las convierten en buenas candidatas para futuras revisiones taxonómicas, ya que a nivel de especie podemos conocer con precisión las exigencias ecológicas de la misma. La evaluación de las condiciones ambientales pueden basarse en una especie, grupo de especies o asociaciones de las mismas.



*Lobaria pulmonaria* (líquen)

Es un excelente bioindicador de la buena conservación de bosques viejos, ya que los talos simbióticos (tejidos falsos) de los líquenes son muy susceptibles a los cambios que ocurren en su hábitat, respondiendo de forma fina y rápida a las actividades antrópicas.



*Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)

Perteneciente a la familia *Pontederiaceae* son consideradas especies invasoras dado el impacto que causan en lagos y charcas. Pueden cubrir completamente la superficie impidiendo que la luz pase y llegue a las plantas nativas, agotando el oxígeno en el agua. Su crecimiento se inhibe cuando hay presencia de pocos fertilizantes en la zona, por lo que son bioindicadoras de la presencia de nitrógeno, fósforo y trazas de metales pesados.



### *Caprellidae* (Caprélidos)

Son pequeños crustáceos marinos que viven en asociación, principalmente, con algas e invertebrados marinos. Un grupo fundamental en las redes tróficas marinas, ya que sirven de alimento a muchas especies de peces. Tienen un importante valor como bioindicadores; ya que si se estudia su comunidad puede conocerse la calidad ambiental de las zonas costeras, evitando así realizar otros análisis fisicoquímicos más costosos.

# Biodiversidad Urbana



## *Lumbricus terrestris*

(Lombriz de tierra)

29

Las lombrices de tierra son usadas como bioindicadores de metales pesados en suelo o agua, así permiten evaluar la biodisponibilidad (es decir, el grado de libertad en que se encuentra un elemento o compuesto de una fuente potencial para ser capturado por el organismo) de dichos metales pesados.



## *Lutra lutra* (Nutria)

26

Las nutrias fueron expulsadas de sus áreas de distribución, en gran medida, por la actividad humana, principalmente por la bioacumulación de microcontaminantes o contaminantes que afectaban a la disponibilidad del alimento. Debido a esto, se han asociado a sitios con nula o baja contaminación aparente, siendo bioindicadoras del estado de conservación de los ecosistemas de agua dulce.



Foto por Bernard Landgraf



# Biodiversidad Urbana



*Ninfa de Ischnura elegans*  
(Larvas de odonatos)

27

El estudio de los odonatos y de sus larvas en cuanto a abundancia, distribución o número de especies presentes suelen ser usados como bioindicadores sobre el hábitat donde se encuentran, ya que nos dan información sobre cambios en sus condiciones, que afectan a su diversidad y distribución.



*Podarcis hispanica*  
(Lagartija ibérica)

28

Algunos reptiles, como la lagartija ibérica, aparecen con frecuencia en ambientes urbanos, al beneficio, tal vez, de una menor presencia de depredadores y usando las construcciones urbanas a modo de microhábitat similar al natural. Pueden ser un grupo idóneo como bioindicadores de la calidad ambiental del hábitat debido a su estrecha vinculación con el medio terrestre y a su limitada capacidad de desplazamiento.

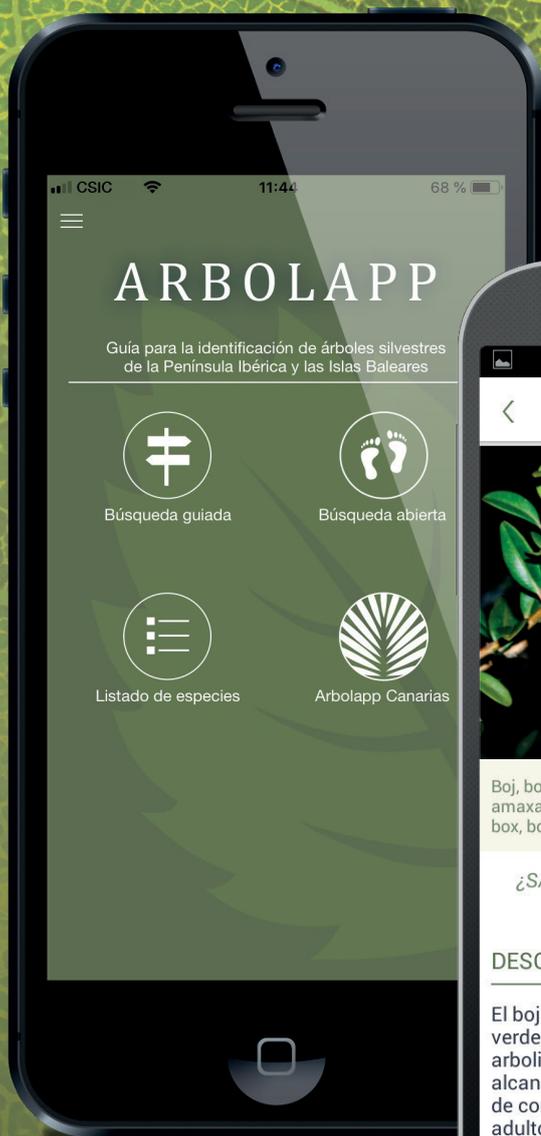


Benutzer Janekpfeifer



# Identifica árboles con ARBOLAPP

- Una aplicación gratuita desarrollada por el Real Jardín Botánico del CSIC
- Con 143 especies silvestres de la Península Ibérica y las Islas Baleares y más de 800 imágenes



[www.arbolapp.es](http://www.arbolapp.es)



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES

CSIC  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

REAL JARDÍN  
BOTÁNICO

FECYT

FUNDACIÓN ESPAÑOLA  
PARA LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGÍA

# PreguntasHN

## ¿Por qué los fármacos no funcionan por igual en toda la población?

Debemos tener presente que las drogas o medicamentos se administran a grupos heterogéneos de individuos. Dentro de este grupo de individuos, encontraremos subgrupos que respondan de manera adecuada a dicho tratamiento (es decir, mejoran con la administración de un determinado fármaco) y subconjuntos que no lo hagan (el tratamiento les es indiferente o les resulta dañino). Es más, en ocasiones oímos que determinados fármacos se han retirado del mercado o que determinada investigación ha resultado en la obtención de un determinado fármaco que luego nunca vemos en las farmacias. ¿Por qué? La respuesta radica en la toxicidad que puede generar dicho fármaco a una parte de la población. Un riesgo inasumible para la industria farmacéutica.

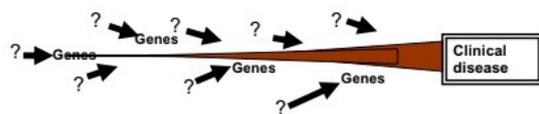
Ante esta situación, y gracias a la aplicación de herramientas “ómicas” al estudio de la farmacología y farmacocinética, podemos tener un patrón genético que nos permita diferenciar grupos de pacientes y crear “fármacos a medida”. **Esta situación ha generado un nuevo campo de estudio que la ciencia ha denominado farmacogenómica.** Y esta disciplina, como no podía ser de otra forma, tiene un aliado fundamental en el estudio de los biomarcadores.

Podemos definir la farmacogenómica como aquella disciplina científica que estudia las bases moleculares y genéticas de las enfermedades con el objetivo de desarrollar nuevos tratamientos más efectivos y seguros adaptados a la caracterización genética de cada individuo. Para ello, centran sus estudios en la búsqueda de biomarcadores que pudieran estar presentes en el ADN (polimorfismo génico), ARNm (patrón de expresión), proteoma, metaboloma, etc., así

como el efecto de todos ellos en la respuesta a los fármacos.

No obstante, numerosas voces autorizadas en el ámbito científico aseguran que “aunque necesaria”, la farmacogenómica resulta insuficiente, ya que en el mismo escenario intervienen otros actores que, aún desempeñando un papel, son difícilmente cuantificables o mensurables. Entre ellos podemos destacar como ejemplo la dieta; el estado de salud del individuo; el medio ambiente; la etnia; etc. Asimismo, durante el estudio de los biomarcadores y los diferentes ensayos clínicos cabe la posibilidad de que no todos los genotipos estén incluidos y solo se encuentren aquellos que tienen una mayor representación en la población, dando lugar a lo que se conoce como “genotipos huérfanos”, pacientes para cuyos genotipos, dada su “rareza”, no existe fármaco específico o no resulta “rentable” invertir en su desarrollo (la investigación no busca rentabilidad sino optimizar recursos, que a menudo se antojan escasos), dada la baja prevalencia del genotipo entre la población mundial.

### Research on disease susceptibility



Usually: Multiple mostly unknown interacting environmental and genetic factors

### Research on drug therapy response



Usually: Well-documented therapies with chemically defined drugs and well-documented doses

Diferencias entre los estudios farmacogenómicos sobre la susceptibilidad a la enfermedad (mitad superior de la imagen) y la respuesta a un determinado fármaco (mitad inferior de la imagen).

Un genotipo huérfano pudiera corresponder, por ejemplo, a aquellos pacientes asmáticos que presentan el promotor ALOX5 (araquidonato 5-lipoxigenasa), los cuales muestran una respuesta nula ante el tratamiento asmático convencional. Puesto que hasta la fecha no parece existir un tratamiento alternativo, es tarea de la farmacogenómica trabajar para dotar de soluciones factibles a estos asmáticos.

No obstante, conocemos más casos de polimorfismo génico que han sido y están siendo ampliamente estudiados por la farmacogenómica, como el de la enzima glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G6PDH).

Durante los conflictos bélicos en los que EE.UU. participó a lo largo del siglo pasado, las tropas americanas eran tratadas frecuentemente con el antimalárico primaquina, un fármaco del grupo de las 8-aminoquinolinas. Al serle administrado a los soldados, se observó que un elevado número de ellos de origen afroamericano sufrían hemólisis durante el tratamiento, algo que no ocurría entre los de "raza blanca". Los estudios llegaron a determinar que la primaquina no actúa de igual manera entre los individuos africanos (o de ascendencia africana) que entre los caucásicos, con lo que establecieron qué fármaco antimalárico debería administrarse según la zona del mundo donde fuese necesario actuar. La farmacogenómica estableció que la hemólisis después de administrar primaquina como agente antimalárico es muy rara en las poblaciones caucásicas del norte de Europa, pero el 10% de la población africana y mediterránea sí la muestra. ¿Y a dónde nos lleva esta conclusión? A que estas diferencias interétnicas hacen que cada empresa interesada en la comercialización a nivel mundial de diferentes fármacos desarrolle estudios farmacogenéticos para conocer las diferencias interétnicas, caracterizar los genes relevantes en dicho fenómeno y ajustar así la farmacodinamia según el paciente. La farmacogenómica permite que cada vez

encontremos medicamentos más seguros y con menos efectos adversos o secundarios en nuestros dispensarios.

Gracias a los estudios farmacogenéticos, los científicos conocen hoy día más de 150 mutaciones que causan deficiencia G6PDH, y simplemente basta con realizar un simple estudio de la actividad enzimática en los glóbulos rojos para detectarlo. No obstante, las variantes genéticas G6PDH siguen suponiendo un reto para la lucha contra la malaria, y es que, a pesar de que estos pacientes están protegidos contra la enfermedad (conocemos los riesgos de hemólisis inducida en caso de administrar primaquina), el mapa de incidencia de la enfermedad se solapa con las zonas de mayor prevalencia de G6PDH deficiente como consecuencia de las mutaciones anteriormente comentadas..

En la actualidad, los investigadores pueden evaluar con un "coste asumible" la expresión de más de 1.000.000 de polimorfismos en nuestra genoma, lo que supone un número extraordinariamente elevado, habida cuenta que la farmacogenómica es una disciplina naciente y que se estima que en nuestro organismo albergamos aproximadamente unos 20.000 genes diferentes.

Como pueden observar, el estudio de los biomarcadores en farmacogenómica ayuda no solo a comprender por qué los fármacos no actúan de la misma manera en todos los pacientes, sino que, además, permite elaborar fármacos a medida, más eficientes y eficaces, permitiendo eliminar o limitar los efectos secundarios.

### **Eduardo Bazo Coronilla**

Licenciado en Biología. Fue colaborador del grupo de investigación PLACCA (Plantas Acuáticas, Cambio Climático y Aerobiología) en el Dpto. de Biología Vegetal y Ecología de la Facultad de Farmacia (Sevilla). Micófilo.



# Los biomarcadores del cáncer



Pese a existir multitud de enfermedades diferentes en el mundo causadas por virus, bacterias, microorganismos o incluso nuestro propio cuerpo, hay un conjunto de ellas que es conocida por la mayor parte de la población y que englobamos bajo un nombre: cáncer.

Este grupo de enfermedades lleva unos pocos siglos descrita en nuestros registros históricos, pues a partir del Renacimiento (en el siglo XV) se empezó a buscar una mayor comprensión acerca del cuerpo humano. Sin embargo, no fue hasta el siglo XIX que se desarrolló propiamente la oncología como la rama de la medicina que se dedica al estudio del cáncer. Gracias a las autopsias realizadas por Morgagni de Padua en 1761, el fundador de la patología celular Rudolf Virchow desarrolló nuevos métodos y técnicas para la cirugía del cáncer.

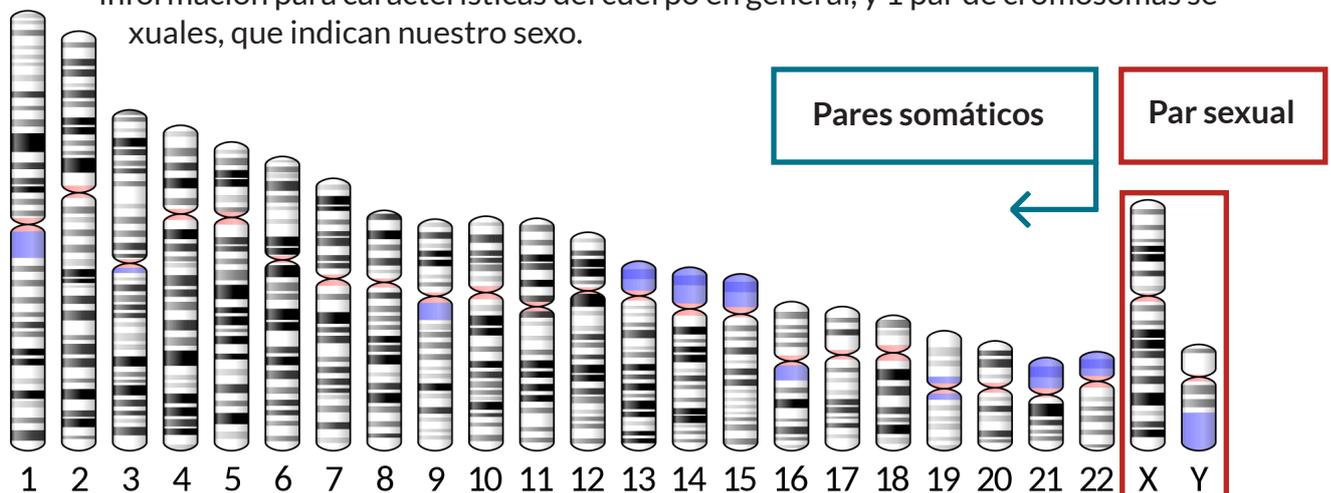
En el siglo XXI, las técnicas y herramientas disponibles para detectar y tratar el cáncer son más rápidas, eficaces y específicas, lo cual ha caracterizado los descubrimientos relacionados con su tratamiento. De esta búsqueda ha surgido el interés en los biomarcadores: moléculas o compuestos en nuestros organismos que sirven para poder obtener una determinada información; bien por el mero hecho de estar presentes, o bien por la concentración en la que se hallen.

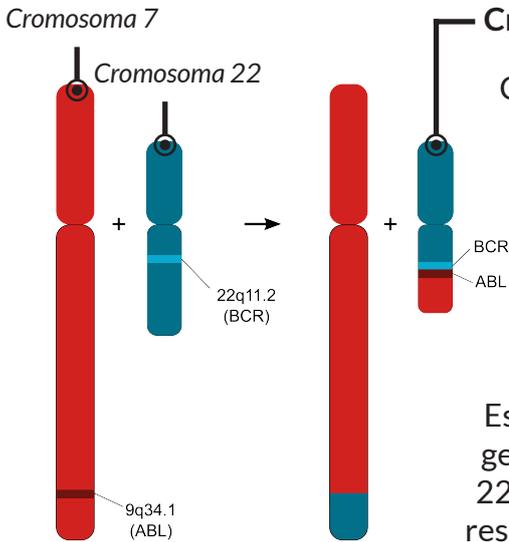
Concretamente, los biomarcadores utilizados en el cáncer permiten reconocer cambios estructurales dentro del genoma, características anormales de los productos genéticos o efectos bioquímicos del tumor. Algunos de estos biomarcadores se utilizan para evaluar las posibilidades de desarrollar cáncer, mientras que otros se utilizan para la detección temprana y diagnóstico del propio cáncer.

De esta forma, tras el diagnóstico, se pueden usar biomarcadores para planificar el mejor tratamiento. Veamos las posibles pruebas que se pueden realizar.

## Pruebas de cariotipo

Los humanos normalmente tenemos 22 pares de cromosomas autosómicos, que aportan información para características del cuerpo en general, y 1 par de cromosomas sexuales, que indican nuestro sexo.





### Cromosoma de Filadelfia

Cuando se analiza el cariotipo se buscan cambios en estos cromosomas, que pueden ser una adición, deleción o cambio del mismo. Estos cambios pueden derivar en el desarrollo de células cancerosas.

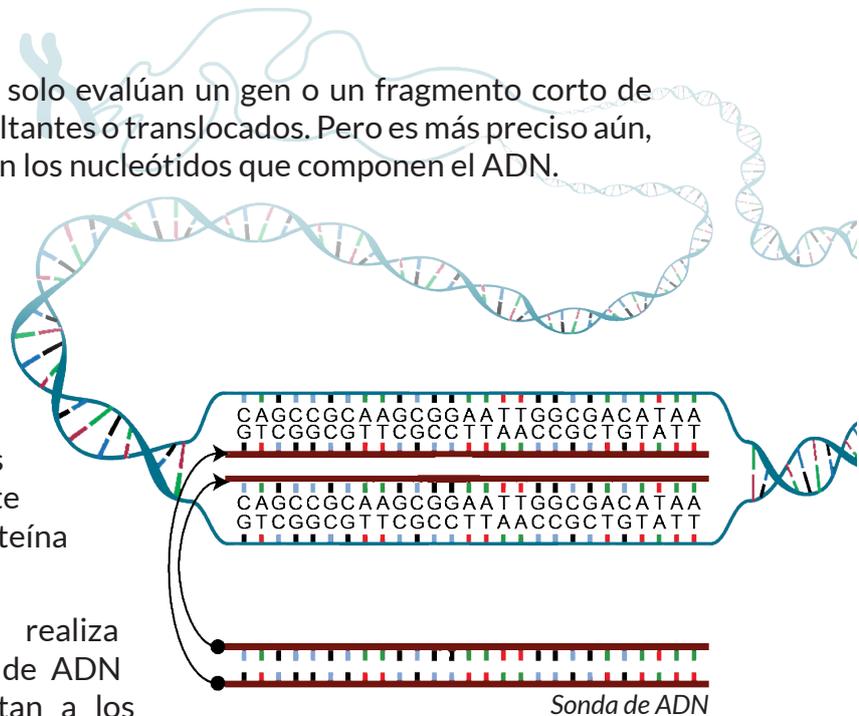
Un ejemplo podría ser el caso de la leucemia mielógena crónica, que se diagnostica al encontrar a un biomarcador, que en este caso es la anomalía cromosómica, denominada cromosoma de Filadelfia. Este es el resultado de un intercambio de material genético entre los brazos largos de los cromosomas 9 y 22, alteración conocida como translocación. El gen híbrido resultante tiene la información para codificar una proteína que activa las vías de transducción de señales y que deriva en un crecimiento celular incontrolado.

## Test genético

Son más específicas que el anterior, pues solo evalúan un gen o un fragmento corto de ADN. También buscan genes duplicados, faltantes o translocados. Pero es más preciso aún, ya que se analiza si hay alguna alteración en los nucleótidos que componen el ADN.

En este caso podemos ver como biomarcador al gen HER2 para el diagnóstico del cáncer de mama. Este gen codifica para una proteína que promueve el crecimiento y división de la célula, que en condiciones normales no es un problema; pero en el caso de los cánceres existen múltiples copias de este gen y por ello se sintetiza mucha más proteína promoviendo aún más la división.

Para encontrar estas alteraciones se realiza una hibridación in situ, es decir, trozos de ADN monocatenario o ARN que complementan a los del gen HER2. De esta forma podemos ver cuántos fragmentos de ADN o ARN se han unido al ADN original y contar las copias de HER2 que tiene dicho ADN.



## Test bioquímico

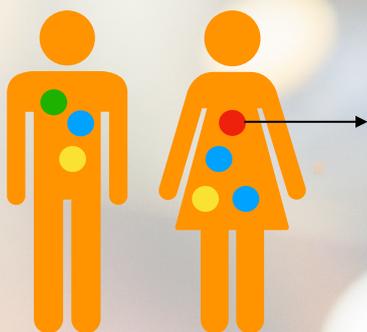
Debido a las mutaciones, a veces las proteínas producidas por los genes también son anormales, provocando - como en el caso previo - un exceso de las mismas.

Hay otras pruebas sanguíneas que también ayudan a evaluar la presencia y concentración de determinadas moléculas (o biomarcadores). Por ejemplo, si se encontrase una elevada cantidad de lactato deshidrogenasa en la sangre, se podría inferir la presencia de enfermedades como leucemia mielógena crónica, melanoma, mieloma múltiple o cáncer de próstata; que posteriormente se confirmarían con más pruebas específicas. Además sirve como indicador del estado del tratamiento, pues si disminuye esta molécula, entonces el tratamiento está siendo eficaz.

# Biomarcadores para diagnóstico y tratamiento de cáncer



Francisco Gálvez Prada.



Persona sin cáncer

Persona con cáncer

## Marcador tumoral o biomarcador de cáncer

Medida objetiva y evaluable que nos indica información sobre procesos biológicos, patológicos o respuestas farmacológicas a un tratamiento.



Sustancia producida por el propio tumor o por el cuerpo en respuesta al mismo. Detectable por análisis genético, proteómico, o sustancias celulares o moleculares que se encuentran en mayor o menor cantidad de lo normal en sangre, orina o tejidos.

## ¿Cómo sería el Biomarcador ideal? ❤️

**100% / 100%**

**Sensibilidad Especificidad**

Es decir

**¡100% detección** de personas con cáncer sin cometer **ningún error!**

## Biomarcador en la actualidad 💡

**variable y baja**

**sensibilidad y especificidad**

Es decir

**No se detectan** todas las personas con cáncer, y de las detectadas **se cometen errores.**

## PSA

Antígeno específico para la detección de cáncer de próstata

**90% / 25%**

**Sensibilidad Especificidad**

## Biomarcador tumoral sérico

Detección del cáncer de mama

**23% / 70%**

**Sensibilidad Especificidad**

## ¿Qué es el Valor Predictivo Positivo (PPV)?

El valor que nos indica que una persona positiva en cáncer, tenga cáncer.

## ¿Qué es el Valor Predictivo Negativo (PVN)?

El valor que nos indica que una persona negativa en cáncer, no tenga cáncer.

## ¿Utilidad de los biomarcadores?

- 1) Detección temprana.
- 2) Diagnóstico de presencia o ausencia.
- 3) Pronóstico: probabilidad de supervivencia del propio paciente, la detección de fenotipos más agresivos del cáncer o la determinación de su comportamiento.
- 4) Predicción de si un tratamiento será efectivo o monitorización de su efectividad.
- 5) Identificar dianas moleculares de nuevos tratamientos donde la expresión de los propios marcadores se ve afectada.

## ¿Qué conseguimos?

- 1) Reducción de costes.
- 2) Definir mejor la propia enfermedad y usar terapias más específicas.
- 3) Tratar a los pacientes en base a marcadores moleculares y no en base a sus síntomas.

# Biomarcadores en el monitoreo ambiental

**¿Qué es lo común?** Monitoreo ambiental mediante seguimiento de variables físico-químicas y ocasionalmente variables biológicas.

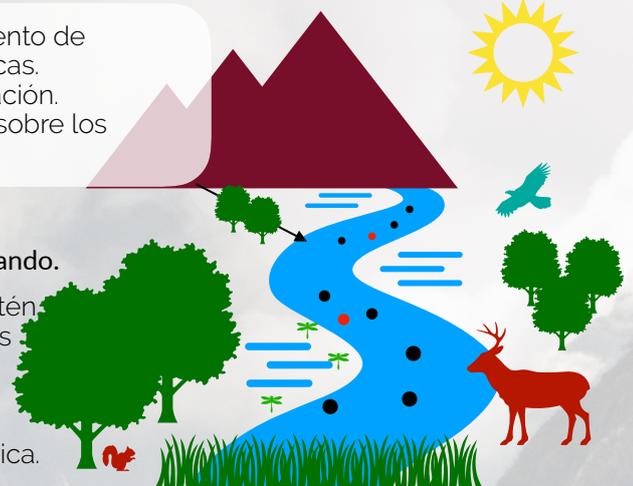
- Nos ofrecen información de los niveles de contaminación.
- No nos informa de los efectos de los contaminantes sobre los sistemas biológicos.

● Sustancia contaminante introducida en el ecosistema.

● Otras sustancias contaminantes que no se están monitoreando.

**¿Qué puede ocurrir?** Que aunque haya contaminantes no estén disponibles para los sistemas biológicos, o sean los causantes de daños o efectos medibles en los sistemas biológicos.

Además, los sistemas biológicos pueden estar afectados por una mezcla con diferente disponibilidad o toxicidad, y que pueden estar actuando de forma aditiva, antagonista o sinérgica.



**¿Cuál es el objetivo?** La protección de los sistemas biológicos y/o ecológicos. Con lo que hoy, cambios temporales y espaciales de sistemas o parámetros biológicos, justifican cambios en la calidad o condiciones ambientales.



Especie **bioindicadora** de la calidad medioambiental



Una especie de centinela, que nos permite saber cómo está el medio ambiente con su presencia o ausencia.

**Biomarcador según la Academia Nacional de Ciencias (EE.UU.):** Variación inducida de forma artificialmente por la actividad humana (xenobióticamente) en componentes o procesos celulares o bioquímicos, estructuras o funciones que se pueden medir en un sistema biológico.



## ¿Utilidad de los biomarcadores?

- 1) Predecir qué podría ocurrir cuando los contaminantes lleguen a un ambiente particular.
- 2) Qué ocurriría en el ecosistema si la exposición es prolongada.
- 3) Nos podríamos anticipar a los efectos que se producirían a un nivel poblacional, de comunidad o incluso a nivel de ecosistema.

## ¿Barato y rápido vs caro y lento?

- 1) **CONTRA:** Aunque son baratos y rápidos, a veces no podemos extrapolar los resultados a niveles superiores.
- 2) **PRO:** Cambios en niveles inferiores son bioindicadores de una temprana alarma, a problemas que crecerán a niveles superiores.



# Biomarcadores de ADN para el control de una parasitosis desatendida: Ascariasis

*Ascaris suum* macho (izq.) y *Ascaris lumbricoides* hembra (der.)

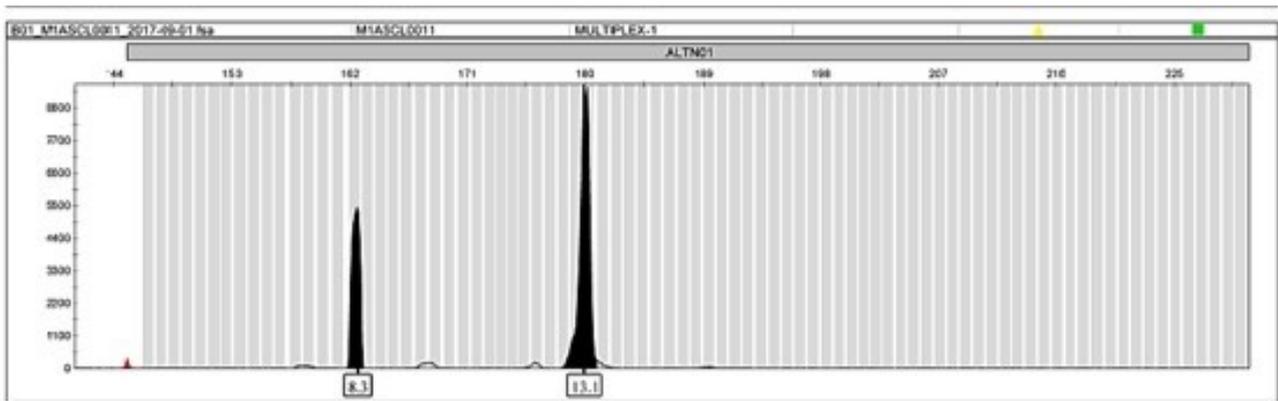
Diferentes estudios en granjas porcinas donde existen registros de infección por *A. suum* en animales recogen incidencias moderadas de ascariasis en los trabajadores. Cabría pensar que ya que al ser un parásito específico de una especie, debería infectar a un solo tipo de hospedador, en este caso a los cerdos. No obstante, la incertidumbre con respecto a la situación de *Ascaris suum* y *A. lumbricoides* como una sola especie o dos distintas, ha dificultado el establecimiento de medidas sanitarias eficientes y por ende, también ha obstaculizado la erradicación definitiva de la infección. De tratarse de una misma especie, se podría hablar incluso de una enfermedad zoonótica (que se transmite de animales a humanos) o antroponótica (que se transmite de humanos a animales).

Para determinar la naturaleza de *A. lumbricoides* y *A. suum* así como su capacidad de colonización, los investigadores están recurriendo al estudio de biomarcadores de ADN. Por ello, equipo de investigación de Parasitología y Genética Molecular de las Universidades San Francisco de Quito y Universidad de Las Américas (Ecuador), ha realizado la caracterización a nivel molecular de parásitos adultos recuperados de cerdos y humanos con el objetivo de recopilar evidencias de transmisión cruzada. A nivel

genético, el resultado más contundente es la compartición de alelos entre parásitos de origen humano y origen porcino. Los alelos son cada una de las distintas versiones que una secuencia genética puede tener. En este caso, se buscó estudiar secuencias genéticas altamente variables, fáciles de interpretar y no demasiado complejas, como lo sería un gen. Los mejores candidatos fueron justamente los marcadores microsatélite (STR por sus siglas en inglés, *Short Tandem Repeat*).

Un STR es una secuencia corta de ADN no codificante y altamente repetitivo, es decir, un conjunto de nucleótidos que se repite un número variable de veces y que, dada su elevada tasa de mutación, son altamente polimórficos (muchas variantes alélicas circulantes en una población) y relativamente sencillos para tipificar. Se seleccionaron entonces 14 regiones de este tipo y se analizaron mediante la técnica de PCR Múltiple (varios marcadores al mismo tiempo) o reacción en cadena de la polimerasa, que es una reacción enzimática que permite obtener *in vitro* múltiples copias de una porción de interés en el genoma.

Una de las regiones microsatélite en estudio, denominada ALTNO2 resultó de interés debido a que fue posible reconocer una única versión



Un ejemplo de la observación de regiones microsatélite amplificadas por PCR. En este caso, se observan dos alelos distintos para la región y el parásito en cuestión.

de la misma en todas las muestras de parásitos humanos (condición de homocigocidad). Se trata concretamente del alelo 7.2, que recibe este nombre porque al ser un microsatélite se encuentra formado por un motivo que se repite siete veces y que cierra su secuencia con dos nucleótidos. Este alelo se encontró también en muestras porcinas como homocigoto y también acompañado de otros alelos (condición de heterocigocidad). Por ende se pudo inferir que únicamente aquellos parásitos con el genotipo homocigoto para el alelo 7.2 en la región ALTNO2, son capaces de infectar a los dos hospedadores.

Por tanto el mencionado alelo puede considerarse como un biomarcador para detectar aquellos parásitos con capacidad infectiva extendida, es decir, no restringida a un solo huésped, lo cual es común en procesos recientes de distanciamiento evolutivo. Así, muy probablemente no todos los genotipos parasitarios de *Ascaris suum* de origen porcino están adaptados para la vida en el huésped humano. Esto ya había sido hipotetizado por Takata en 1951, quien tras infectar a voluntarios con *A. suum* descubrió que los patrones de recuperación de huevos eran mucho menores a los esperados. Así, se concluye que nos encontramos frente a una posible zoonosis/antroponosis directa pero condicional, lo que ofrece nueva información para establecer programas de control efectivos frente a esta parasitosis. Esta hipótesis debe ser reforzada con estudios posteriores que

permitan el análisis de un mayor número de muestras así como análisis de ADN mitocondrial del parásito que permitan discernir la direccionalidad de la infección.

**Diana Sofía Mollocana Yáñez**

Ingeniera Biotecnóloga USFQ. Me apasiona el desarrollo de alimentos novedosos y el estudio de mecanismos de infección de patógenos.



**Germán Burgos Figueroa, M.Sc.**

Docente Investigador. Escuela de Medicina. UDLA Quito. Biólogo P.U.J. Especialidad en Biología y Genética Forense UdeA

**Francisco Yanqui-Rivera**

Ingeniero Biotecnólogo USFQ. Estudiante de Master Rutas Metabólicas de Cáncer. Gwangju Institute of Science and Technology Corea. Músico.



**Sonia Zapata Mena, Ph.D.**

Directora del Instituto de Microbiología USFQ. Ph.D. en Parasitología, Universidad de Reims, Francia. M.Sc. en Microbiología USFQ.

# No es oro todo lo que reluce

Ambiente salino propio de halófitas

Antes de las vacaciones, gran parte de las personas eligen su lugar de disfrute atendiendo a la proximidad de áreas donde pueden conectar con la naturaleza y observar todo lo que el entorno les ofrece. Se dejan encandilar por la belleza de los paisajes, toman fotos y escuchan a los guías hablar acerca de lo sano y cuidado que está el lugar en el que se encuentran. Sin embargo, hay algo que escapa de sus vistas o, al menos, no son capaces de percibirlo. El ecosistema donde habitan no está funcionando como debería y las interacciones que tienen lugar dentro de él se están debilitando. Tan solo expertos en el tema serían capaces de darse cuenta de ello.

Hoy en día, este problema podemos extrapolarlo a casi cualquier ecosistema del planeta, pero en este artículo, la atención estará especialmente dirigida a los estuarios, los cuales hasta hace poco carecían de interés científico. Dichos entornos, destacan por la presencia de una flora característica incluida dentro del grupo de los organismos halófilos, gracias a su alta capacidad para tolerar el fuerte estrés salino al que viven sometidos.

Los estuarios, descritos como cuerpos de agua costeros semicerrados que están conectados

al mar de forma permanente o periódica, pero con una salinidad diferente a la del océano adyacente (debido a la entrada de agua dulce y compuestos de una biota característica), se encuentran entre los más amenazados del planeta debido a la contaminación por metales pesados, los cuales se acumulan en sus sedimentos procedentes de la actividad antropogénica. Más allá de las concentraciones a las que se encuentren estos metales, la gravedad del asunto radica en que dichos compuestos son muy susceptibles a cambios geoquímicos que acaban afectando a su biodisponibilidad en el medio acumulándose los organismos.

Sobre la flora, dos de las principales consecuencias derivadas de la exposición prolongada a metales pesados son: (1) daños severos en el fotosistema II debido a la acumulación de energía lumínica por la destrucción de los pigmentos antena y (2) aumento del número de especies reactivas de oxígeno (ROS) que provocan un desajuste de la homeostasis de las células vegetales.

La dificultad para determinar qué daños concretos causaban en el entorno, propició la búsqueda de biomarcadores en seres vivos



Halófitas de marismas utilizadas como biomarcadores.

(especies centinelas “a ojos de la ciencia”), los cuales hacen referencia a organismos con capacidad para informarnos acerca del estado del ecosistema en el que viven gracias a sus características biológicas, bioquímicas, fisiológicas y antropométricas. En relación a esta definición, las halófitas se convirtieron en uno de los organismos más adecuados de monitorear a corto y largo plazo debido a su naturaleza sésil, en contraposición a estos hábitats dinámicos donde los metales pesados se depositan por acción de las mareas.

Debido a la exposición crónica a estos metales, parte de su química deja huella sobre las halófitas permitiendo obtener registros detallados sobre la contaminación de los estuarios, ya que los mismos mecanismos que emplean para crecer en ambientes tan salinos son también los que les permiten vivir en presencia de estos elementos.

Gracias a estas observaciones, recientemente, se han incluido a la lista de biomarcadores los ácidos grasos que componen parte del lipidoma de ciertas plantas halófilas, por mostrar variaciones en sus perfiles lipídicos cuando son sometidas a distinto grado de contaminación por metales pesados.

Los análisis de sus perfiles lipídicos permitieron

establecer dos tipos de poblaciones control: sensibles a la contaminación como *Halimione portulacoides*, *Sarcocornia fruticosa* y *Spartina patens* y las tolerantes a la contaminación como *Spartina maritima*. En las especies más sensibles, los cambios más evidentes fueron el decrecimiento de los ácidos grasos de tipo 18:3\* (ácido linoleico) y el incremento de los de tipo 16:0 (ácido palmítico), mientras que la tendencia inversa fue observada en las plantas tolerantes.

Por lo tanto, independientemente de la importancia fisiológica que dichos ácidos grasos proporcionan en las membranas de las células vegetales de las halófitas, su nueva función descubierta podría resultar un factor clave para evitar la aparición de daños irreversibles que puedan producirse sobre el ecosistema en el que desarrollan.

\*Ácido linoleico (18:3) : compuesto por 18 átomos de C y presencia de 3 insaturaciones o dobles enlaces cada tres átomos de C.

### Carlos Jesús Pérez Márquez

Estudiante de Grado en Biología. Apasionado de la microbiología y lo que no está al alcance de nuestra vista. Todo ello combinado con vida diaria saludable y guiada por la música.



# Suscripción Digital

Lee online todas las revistas y artículos extra

por solo...

**0,95€**

el primer año\*



Escanea el código para proceder a la suscripción.



\* Después del primer año, la suscripción es 4€/año



## Colabora con nosotros

Si quieres colaborar con nosotros, escríbenos un correo a [revista@hidden-nature.com](mailto:revista@hidden-nature.com) y te enviaremos las normas de publicación para que puedas participar en futuras revistas.

## Junta directiva

### Victor Pérez Asuaje

Estudiante de Biología. CEO de la revista y canal Hidden Nature. Socio del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos Bioscripts.



### Eduardo Bazo Coronilla

Licenciado en Biología. Fue colaborador del grupo de investigación PLACCA (Plantas Acuáticas, Cambio Climático y Aerobiología) en el Dpto. de Biología Vegetal y Ecología de la Facultad de Farmacia (Sevilla). Micófilo.



### Francisco Gálvez Prada

Socio fundador del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos - BioScripts. CEO en IguannaWeb y CTO en Hidden Nature.



## Agradecimientos de imágenes

- Foto portada artículo Cáncer Próstata por Fernando Zhiminaicela (Pixabay)
- **PLANETA VIVO**: 4ª lámina de "Kunstformen der Natur" de Ernst Haeckel (1904), que representa diatomeas (Diatomea). Bernd Haynold, Christian Gloor, leoplus (Flickr).

## Agradecimientos especiales

### Amancio Carnero Moya

Investigador Científico CSIC. **IBIS**. Instituto de Biomedicina de Sevilla. Transferencia de Tecnología.



## Colaboradores

### Juan Encina

Graduado en Biología por la Universidad de Coruña y Máster en Profesorado de Educación Secundaria por la Universidad Pablo de Olavide. Colabora en proyectos de divulgación científica desde 2013 como redactor, editor, animador de talleres para estudiantes y ponente.



### Marta Escriña López

Bióloga (UAM), máster en Biología de la Conservación (UCM), ambas en Madrid. Actualmente, estoy enfocando mi carrera hacia la educación ambiental y la divulgación.



### Carlos Jesús Pérez Márquez

Estudiante de Grado en Biología. Apasionado de la microbiología y lo que no está al alcance de nuestra vista. Todo ello combinado con vida diaria saludable y guiada por la música.



**De izquierda a derecha:** Diana Sofia Mollocana Yáñez, Germán Burgos Figueroa, Francisco Yanqui-Rivera y Sonia Zapata Mena.

### Julio Blas García

Científico Titular en la **Estación Biológica de Doñana**, CSIC. Departamento de Biología de la Conservación



## Revista Hidden Nature

**Junta Directiva:** Víctor Pérez Asuaje, Francisco Gálvez Prada y Eduardo Bazo Coronilla.

Editado en el **Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos BioScripts** bajo el proyecto **Espacio de Divulgación Científica - Hidden Nature** en Avda. Reina Mercedes 31 Local Fondo, Sevilla, 41012 (España).

ISSN digital: 2531-0178 ISSN impreso: 2531-0402 Depósito Legal: SE 1592-2017

Con el apoyo de



**CSIC**  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Bio  
Scripts.net 

[www.hidden-nature.com](http://www.hidden-nature.com)



PVP Recomendado - 1.50€

Número 7 · 3T/2019