

EPISODIO III

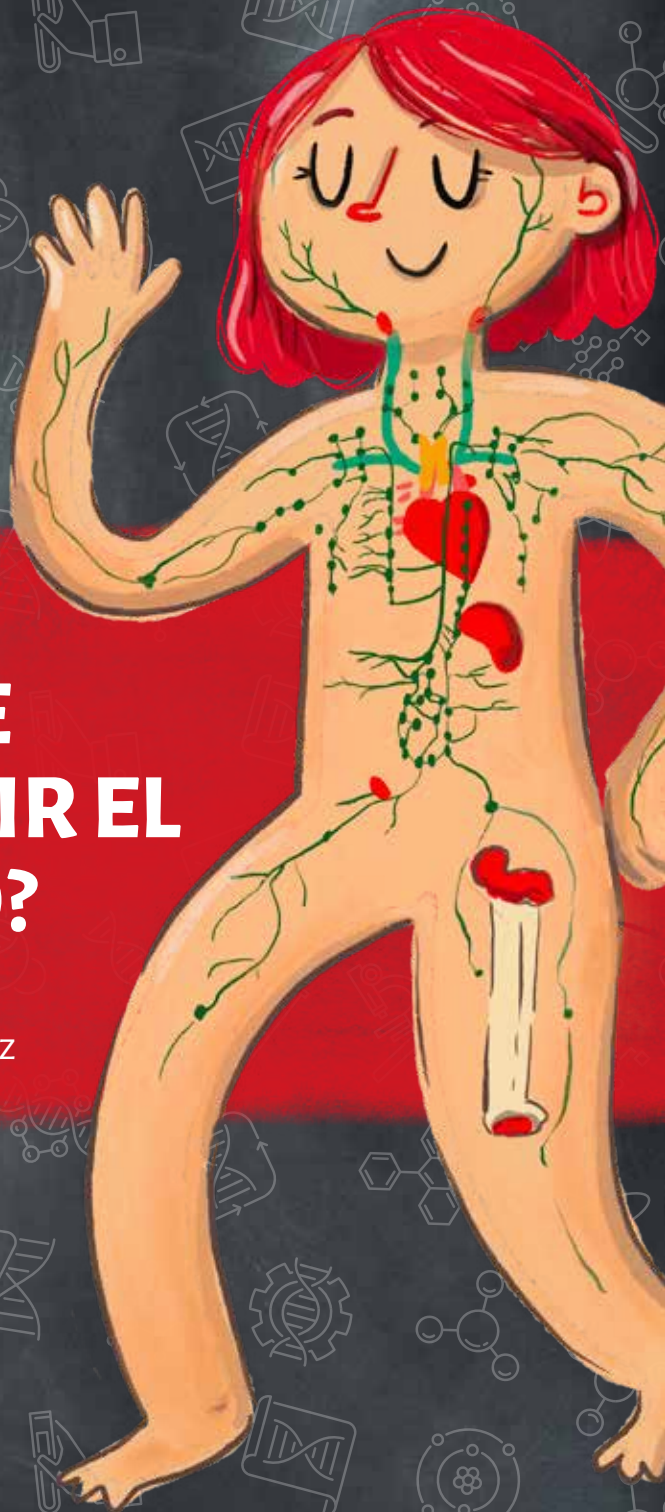
# Relatos de tú **CON CIENCIA**

## **¿ES POSIBLE PREDECIR EL FUTURO?**

Dr. Sergio Vicencio  
Dr. Fernando C. Ortiz



MÁS UNIVERSIDAD





## EPISODIO III

### RELATOS DE TÚ CON CIENCIA

Relatos de tú con ciencia, proyecto realizado gracias al apoyo del Centro de Comunicación de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Chile y la fundación Chile Hace Ciencia, es una colección de episodios que hablan de ciencia usando relatos y experiencias de nuestra vida cotidiana. En cada uno se aborda una historia científica distinta, desde un punto de vista simple e identificable, originada en las investigaciones de científicos de la Universidad Autónoma de Chile.

En este tercer episodio entenderemos cómo se puede predecir el futuro en un laboratorio de investigación y por qué esto es importante para la medicina. Además, exploraremos la investigación liderada por la Dra. Noelia Escobedo, que ofrece nuevas posibilidades para el tratamiento del linfedema y podría ayudar a conocer y prevenir muchas otras patologías.



Érase una vez, durante el verano de mi primer año en la Universidad, que con un grupo de amigos estábamos conversando de cualquier cosa antes de ir a una fiesta. No sé cómo llegamos al tema, pero terminamos compitiendo por quién de nosotros había tenido el trabajo más extraño de todos. La cosa partió tibia, con unas amigas diciendo que hacían malabares en la calle y otros compañeros contando que habían trabajado en una de estas cadenas que venden productos naturales. La conversación se puso más interesante cuando un amigo contó que hacía de spiderman para animar fiestas de cumpleaños. Si bien su historia nos sacó hartas carcajadas y aplausos, yo estaba seguro de que la victoria sería mía luego de explicarle a todo el grupo que, el verano anterior, me había hecho buena plata contando pingüinos. Sí, me habían pagado por contar pingüinos en la playa. Sentado todo el día en una roca mirando animalitos. Era un trabajo soñado para alguien que, como yo, quería estudiar biología. Además, me iba a dar el triunfo moral en esta conversación. ¿Qué más le podía pedir a la vida?



Pero, para mi sorpresa, una amiga me quitó la victoria y nos dijo: «eso no es nada, a mí me pagaban por predecir el futuro».

— ¡¿Qué?!, respondimos.

— Sí, predecir el futuro, pero de mentira, aunque me pagaban de verdad. Yo escribía el horóscopo para un diario cuyo nombre prefero no recordar.

Después de eso, a nadie le interesó hablar de mis pingüinitos de Humboldt o de lo ridículo que nos habríamos visto en un traje de spandex. La conversación derivó por completo hacia cómo es que le pagaban por escribir un horóscopo a partir de la nada, o sea, esencialmente, por inventar predicciones.

Cuando le tocó a ella escribir las frases más genéricas y vagas posibles identificó fácilmente el truco del horóscopo y se dio cuenta de que todo era una farsa. Tanto la marcó esa experiencia, que se convenció de que era imposible predecir el futuro. Para ella, el mañana estaba envuelto en un velo inescrutable.

Aunque tal vez estaba equivocada.



## ¿Es posible predecir el futuro?

Parece que, al menos en el mundo del horóscopo, no. Y esto no tiene que ver con su origen basado en la astrología, aquí no hablaremos de las creencias de cada uno, sino de cómo se construye una predicción. El problema con el horóscopo es que anuncia algo que se supone que va a suceder, pero en términos muy ambiguos y genéricos, entonces, aunque no se equivoque, no es útil. Si estamos en invierno y alguien me dice que durante el próximo mes va a llover, es muy probable que en algún momento de esos treinta días llueva, pero como es una predicción tan poco precisa de todas maneras quedaré empapado. Entonces ¿hay formas «reales» en las que podamos predecir el futuro?

Esta es una pregunta muy relevante y no tan sencilla de responder. Si bien sabemos que hay métodos que no funcionan, también existen otros que tienen cierto grado de predicción, aunque suelen ser muy a corto plazo. Por eso es importante establecer ciertos criterios que permitan determinar cuándo una predicción del futuro es «de verdad» o, al menos, probable.

En este sentido, la predicción debe...





1

Ser capaz de identificar un futuro entre varias alternativas posibles. No basta con decir lo que va a pasar, es necesario decir lo que va a pasar a partir un futuro incierto.

Si tomo una manzana y predigo que se va a caer al suelo cuando la suelte... técnicamente eso es una predicción. Pero uno quiere ir más allá...saber, por ejemplo, cuáles serán los números de la lotería. Eso sí sería una predicción útil.

2

Tener un margen de error aceptable y relativamente conocido. Es decir, debe ser muy clara en lo que puede predecir y el error de cálculo que podemos esperar.

3

Presentarse con suficiente tiempo de antelación, de modo que me permita actuar con esa información, o sea, tiene que facilitar una decisión anticipada.

4

Entregar información suficiente para llegar a un resultado deseado o mitigar efectos negativos.



Considerando estos criterios podemos ver que el pronóstico del tiempo es un ejemplo de «buena predicción». No solo cumple con los puntos presentados arriba, sino que, día a día, va mejorando su precisión y calidad. En la época en que yo contaba pingüinos con suerte confiábamos en la predicción del tiempo para el día siguiente, mientras que hoy uno puede prepararse razonablemente para toda la semana laboral. Ya, son pocos días hacia el futuro, pero bastan para evitar mojarnos o prevenir desastres mayores. Si han vivido en zonas de huracanes saben de primera fuente la cantidad de vidas que ha salvado la meteorología.

¿Y cómo ha mejorado tanto? Hay diversas explicaciones, pero una que nos importa mucho es el avance en la recopilación de datos y el poder de la computación. Es decir, hoy tenemos más información y somos capaces de analizarla más rápido que antes. Los algoritmos





de YouTube también son un buen ejemplo de esto. A medida que más uso la plataforma, mejores son prediciendo qué videos recomendarme para que yo siga metido ahí y no trabajando en algo útil (como escribir esto, por ejemplo).

Pero, aunque la meteorología nos ayuda en el día a día y salva muchas vidas, no es el tipo de predicción «sexy» que uno suele imaginar. No son las predicciones que aparecerían en un libro o una película de ciencia ficción. Al menos cuando yo pienso en una predicción del futuro me imagino algo que me ayude a tomar mejores decisiones o que permita cambiar mi mañana. Pienso en haber sabido que tenía que comprar bitcoins en 2011 o en nunca haber probado un cigarro, porque me iba a volver adicto. En otras palabras, imagino predicciones que me involucren a mí y al destino al que me dirijo.





Es aquí donde entra la medicina o la biología predictiva. Esta es una rama de la ciencia que se dedica a investigar y desarrollar modelos que permitan predecir cuál es la probabilidad de que una persona sana contraiga una enfermedad en particular. En general, este tipo de predicción se basa en la historia de vida de la persona, su exposición a ciertos elementos externos de

importancia para determinada enfermedad (como el cigarro para el cáncer de pulmón) y a sus factores hereditarios.

De estas predicciones les hablaré ahora y de cómo una investigadora chilena está trabajando para desarrollar herramientas predictivas que nos ayuden a tomar medidas y decisiones antes de tener que enfrentarse a los problemas que trae padecer una enfermedad.

En el papel, la prevención siempre es mejor que la reacción. Volviendo al ejemplo de la lluvia, si salgo con paraguas y llueve, no me mojo. Suena trivial, pero es necesario insistir en este punto: si la predicción no es precisa comienza a ser más un problema que una solución o prevención, porque si ando con el paraguas todo el mes se vuelve una molestia. Pasa lo mismo en medicina. Sin duda, prevenir una enfermedad es mejor que tener que tratarla. Sin embargo, esta prevención debe originarse en una predicción precisa, de lo contrario comienzan a haber riesgos. Por ejemplo, sería ideal tomar algo contra el dolor cabeza justo antes que me duela y así ahorrarme el sufrimiento posterior, pero también es una idea muy peligrosa tomar analgésicos todos los días «por si acaso». En este

caso, los efectos secundarios serían peores que la enfermedad (¡el hígado no es inmortal!).

Los principios detrás del desarrollo de predicciones en este campo no son muy distintos a los de otras áreas. Es necesario comprender muy bien lo que se quiere predecir, lo que implica tener muy buenos modelos<sup>1</sup> e idealmente mucha información.

Una vez que se comprende bien un sistema, que se conoce su funcionamiento, las piezas que lo componen y cómo se organizan, es mucho más fácil identificar la serie de eventos que suelen llevar a un resultado en particular. Es más fácil encontrar las piezas claves que arman el puzzle y que en ciencias de la salud llamamos biomarcadores.

Hoy hay muchas investigaciones que buscan biomarcadores de enfermedades; elementos claves que, cuando se detectan, te avisan qué es lo que va a suceder.

1 · En ciencias, un modelo es una representación de la realidad capaz de describir el sistema que se quiere estudiar a partir de sus partes fundamentales y más básicas. Debe predecir tanto el comportamiento del sistema como las interacciones entre estas partes fundamentales. Un buen ejemplo es el modelo del átomo.



## ¿Qué son los biomarcadores?

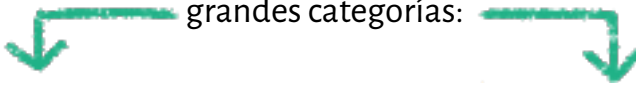
En medicina y ciencias de la salud un biomarcador es cualquier cosa que pueda ser utilizada como un indicador del estado de un organismo. Estos nos permiten realizar múltiples estudios, como diagnosticar una enfermedad o discriminar distintos procesos fisiológicos de un ser vivo.

La naturaleza de los biomarcadores es muy diversa. Pueden ser moléculas, genes, células o incluso variables físicas como la temperatura o la bioelectricidad.





Dentro de los marcadores biológicos podemos encontrar dos grandes categorías:



### Exógenos

Son sustancias externas que se introducen en un organismo y que permiten trazar o seguir algún proceso biológico. Por ejemplo, en neurociencias, se pueden usar isótopos radioactivos para estudiar el funcionamiento del cerebro.

### Endógenos

Son sustancias o elementos propios del organismo, cuyo monitoreo permite detectar o predecir enfermedades o funciones biológicas. Por ejemplo, la actividad eléctrica del cerebro se puede usar para identificar estados del sueño, la presencia de anticuerpos para determinar si una vacuna tuvo efecto o los niveles de bilirrubina para monitorear la función hepática.



*Es aquí donde el trabajo de la  
Dra. Noelia Escobedo,  
investigadora del Instituto de  
Ciencias Biomédicas de la Universidad  
Autónoma de Chile en Talca, se presenta  
como un gran ejemplo de investigación  
predictiva en ciencias de la salud.*

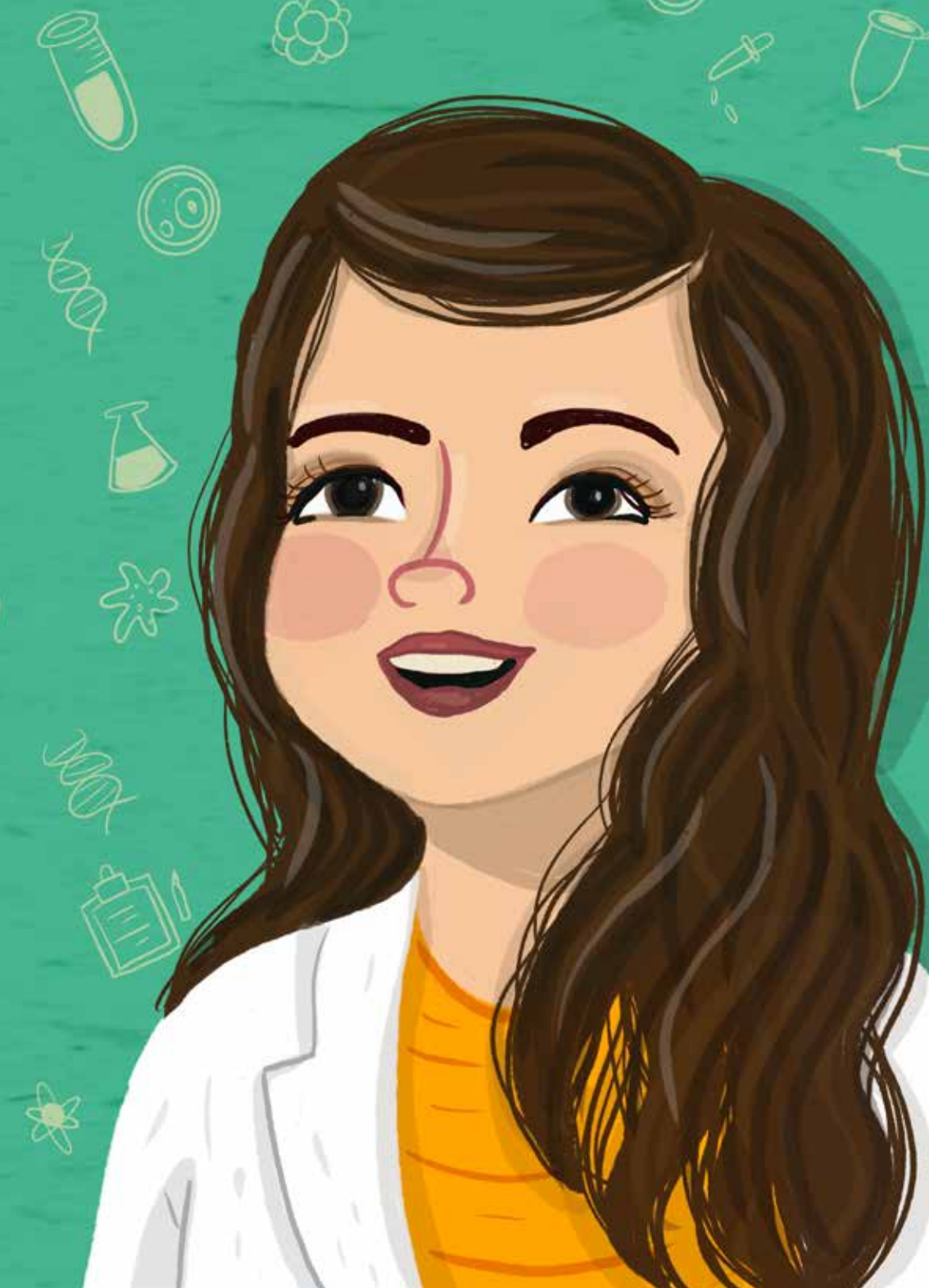
*Ella trabaja investigando una  
enfermedad conocida como **linfedema**,  
que afecta la vasculatura del  
sistema linfático.*

**Noelia Escobedo**  
**Bioquímica**

Doctora en Ciencias Biológicas, mención Biología  
Celular y Molecular por la Pontificia  
Universidad Católica de Chile

Investigadora del Instituto de Ciencias  
Biomédicas de la Universidad Autónoma  
de Chile, sede Talca.





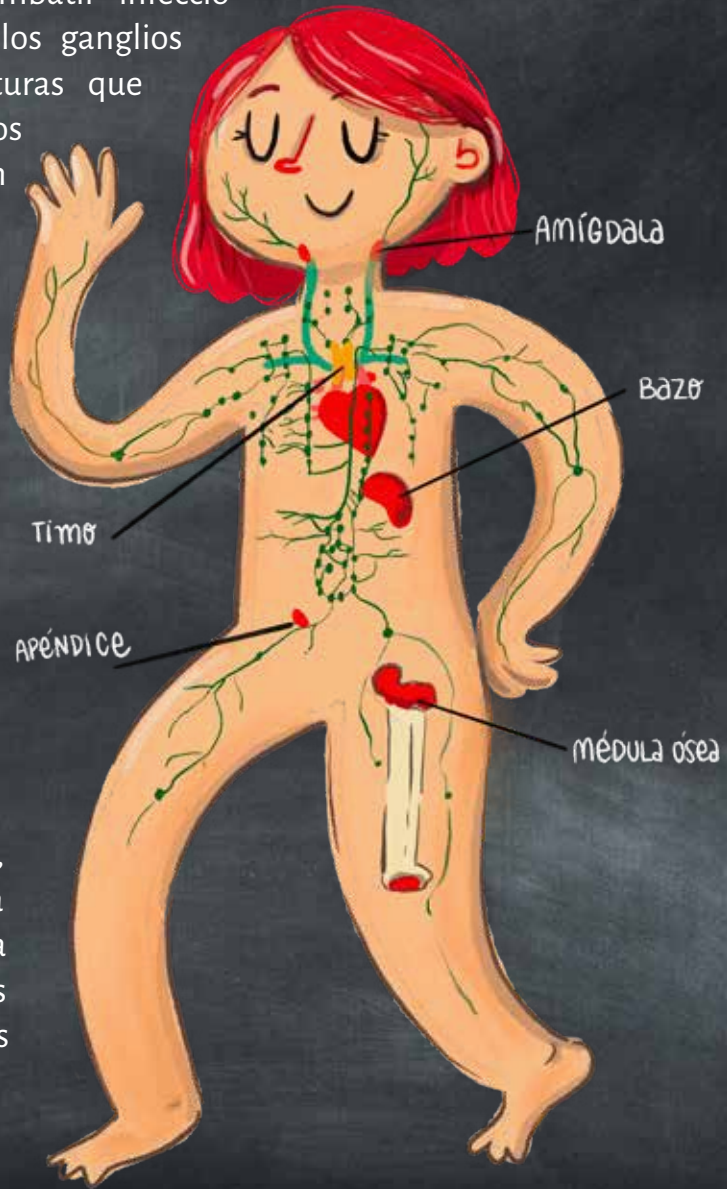
## ¿Qué es la vasculatura linfática?

Los seres humanos tenemos dos sistemas circulatorios, el más famoso es el sanguíneo, cuya función principal es el transporte de nutrientes y el intercambio de gases hacia los tejidos. El otro es el sistema linfático, que transporta la linfa, una sustancia blanquecina compuesta principalmente por linfocitos (glóbulos blancos que atacan bacterias), una mezcla de proteínas y grasas provenientes de la digestión (conocida como quilo) y líquido extracelular recolectado de casi todos los tejidos. Una parte clave de este sistema es la gran red de tubos que lo conforma y que recorren todo el cuerpo, como si fueran millones de tentáculos. Esta red se conoce como **vasculatura linfática**.

La vasculatura linfática es un sistema abierto, lo que significa que la linfa no viaja todo el tiempo en la red de tubos o vasos linfáticos, a diferencia de la sangre que se encuentra siempre dentro de los **vasos sanguíneos**. En los seres humanos, no posee una «bomba» equivalente a un corazón, que impulse su contenido a través del cuerpo, sino que es la contracción de los músculos que rodean a los vasos linfáticos lo que permite que la linfa se mueva a través de la vasculatura linfática (como cuando aprietas un tubo de pasta de dientes). ¿Has notado que cuando viajas por muchas horas se te hinchan los pies o las piernas? Esto ocurre porque al ir sentado mucho tiempo no contraes la musculatura de tus piernas, lo que genera que la linfa se «estanche» y parte del líquido salga de los vasos linfáticos hacia el tejido y produzca la hinchazón.

Esta vasculatura cumple tres funciones muy importantes: recolecta líquido del espacio extracelular (movilizando agua, desechos, toxinas y lípidos) y lo devuelve al sistema circulatorio sanguíneo,

permite la absorción de las grasas a nivel del intestino y ofrece una ruta de movilización de las células inmunes que nos defienden de agentes extraños. Además, participa en la defensa de nuestro organismo al combatir infecciones a través de los ganglios linfáticos, estructuras que producen glóbulos blancos, que son cientos y están conectados entre sí por los vasos sanguíneos. En los ganglios los agentes infecciosos presentes en la linfa (como alguna bacteria o virus) son eliminados. Los ganglios se ubican principalmente en el cuello, la ingle y bajo la axila, es por esto que a veces, durante una infección, puedes sentir esas zonas inflamadas.



## Un biomarcador para el linfedema

El linfedema es una enfermedad que por el daño de los vasos linfáticos y/o la pérdida de los ganglios linfáticos, situación que suele ocurrir como parte del tratamiento contra ciertos tipos de cáncer. Como consecuencia de este daño, el sistema linfático queda obstruido, no hay un flujo normal de la linfa y el líquido se acumula produciéndose una hinchazón. Esta hinchazón puede provocar mucho dolor, dificultad de movimiento, infecciones recurrentes e incluso cáncer.

No existe cura para el linfedema, sin embargo, se puede controlar con un diagnóstico temprano que permita tratar a tiempo el miembro afectado. Mientras antes se haga el diagnóstico, mejor será el pronóstico. He aquí la importancia de encontrar algún «predictor» en estos y estas pacientes.

## Características del linfedema<sup>2</sup>

### Síntomas asociados a la extremidad afectada

- Hinchazón completa o parcial
- Sensación de pesadez y rigidez
- Movimiento limitado
- Dolor o molestia
- Endurecimiento y engrosamiento de la piel (fibrosis)

## Posibles causas

- Extracción o lesión de los ganglios linfáticos por cirugía (normalmente asociado al tratamiento contra el cáncer)
- Radioterapia
- Presencia de tumores en ganglios linfáticos
- Infección o parásitos en vasos y/o ganglios linfáticos
- Hereditarias (llamados linfedema primario, son poco frecuentes)

## Factores que aumentan el riesgo de desarrollar linfedema

- Edad avanzada
- Sobrepeso u obesidad
- Artritis

## Prevención del linfedema

- Protección de las extremidades (evitar lesiones en la extremidad afectada)
- Evitar actividad extenuante de la extremidad afectada
- Evitar el frío o calor extremos en la extremidad afectada
- Levantar la extremidad afectada (ayuda al drenaje)
- Evitar el uso de ropa ajustada en general y particularmente en la extremidad afectada

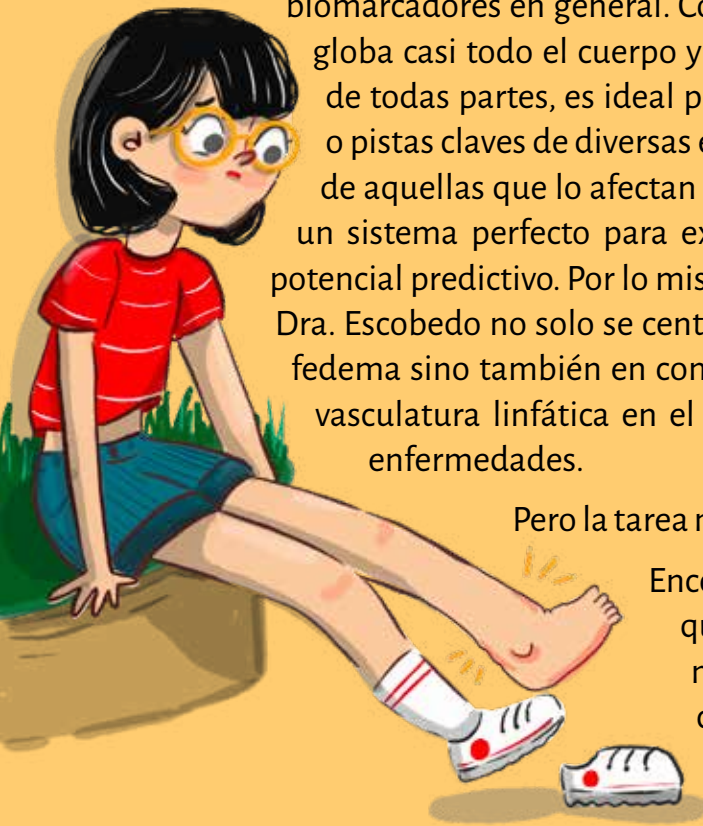
En sus investigaciones, la doctora Escobedo se dedica a buscar marcadores biológicos que nos permitan predecir la aparición del linfedema antes de que se presenten sus síntomas y las consiguientes complicaciones de esta enfermedad, como el dolor y los drenajes diarios a los que deben someterse los y las pacientes.

Esta idea surgió de estudios previos donde ella y su equipo encontraron, en los tejidos de pacientes con linfedema, ciertas moléculas en mayor concentración que los niveles normales. Ahora, el objetivo es investigar cuáles de esas moléculas aparecen con mayores niveles en las fases tempranas o, incluso e idealmente, anteriores a que se desencadene la patología. Dada sus características, el estudio de la linfa es un buen punto de partida para buscar

biomarcadores en general. Como es una red que engloba casi todo el cuerpo y que recolecta material de todas partes, es ideal para buscar información o pistas claves de diversas enfermedades y no solo de aquellas que lo afectan directamente. O sea, es un sistema perfecto para extraer información con potencial predictivo. Por lo mismo, el laboratorio de la Dra. Escobedo no solo se centra en el estudio del linfedema sino también en comprender el papel de la vasculatura linfática en el desarrollo de distintas enfermedades.

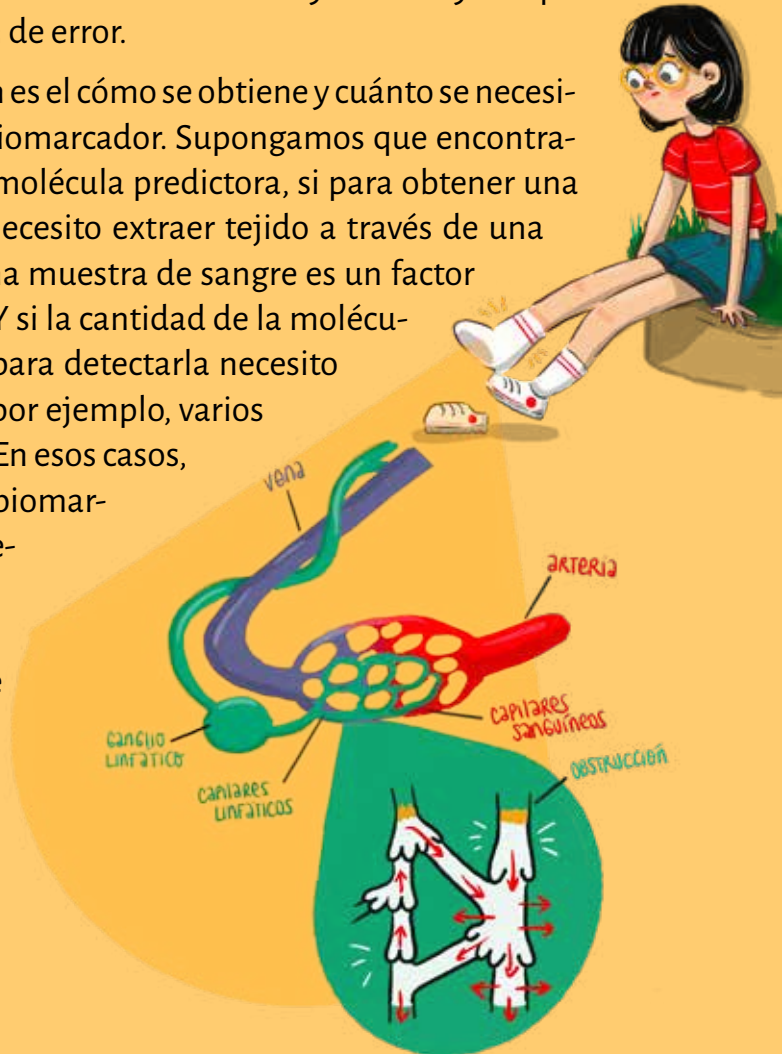
Pero la tarea no es para nada sencilla.

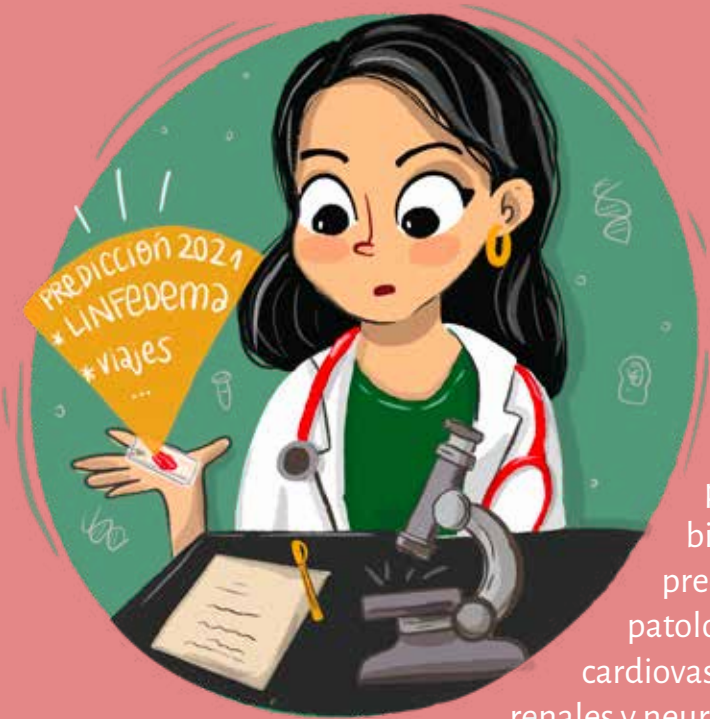
Encontrar una molécula que prediga una enfermedad no es fácil. Muchas veces ocurre que



múltiples enfermedades distintas producen efectos similares en el cuerpo, por lo que predecir una en específico se hace casi imposible. Esto nos llevaría al problema de la predicción ambigua y, por lo tanto, de poca utilidad. («Te vas a enfermar» es una afirmación que me entrega información, pero no una muy útil si no sé exactamente de qué). Por otro lado, estas moléculas también suelen variar mucho de persona en persona, por lo que el rango de seguridad en la predicción también es difícil y hace muy complicado evaluar el margen de error.

Otra complicación es el cómo se obtiene y cuánto se necesita del potencial biomarcador. Supongamos que encontramos una posible molécula predictora, si para obtener una muestra de ella necesito extraer tejido a través de una cirugía o basta una muestra de sangre es un factor para considerar. ¿Y si la cantidad de la molécula es muy baja y para detectarla necesito mucha muestra (por ejemplo, varios litros de sangre)? En esos casos, la obtención del biomarcador podría generar más riesgo que la propia enfermedad que se quiere evitar.





Aun con todos estos contras, las investigaciones han permitido el uso de biomarcadores en la predicción de diversas patologías respiratorias, cardiovasculares, hepáticas, renales y neurológicas. Es un campo

que está creciendo debido, entre otras cosas, a la tecnología disponible actualmente, la que permite la detección de nuevos predictores.

Si los biomarcadores que la Dra. Noelia Escobedo está estudiando son capaces de predecir el linfedema, esta investigadora habrá logrado lo que muchos adivinos y brujos aseguran, pero no son capaces de hacer: ¡PREDECIR EL FUTURO!

Los beneficios y alcances de esto serían enormes, entre ellos:

- las personas que tienen riesgo de desarrollar esta condición podrían prevenir o prepararse frente a los síntomas más graves,
- la distribución de recursos sanitarios relacionados al linfedema sería más eficiente,
- permitiría el desarrollo de fármacos basados en el modelo predictivo, y



· probaría que el monitoreo del sistema linfático tiene un buen potencial para el desarrollo de nuevos modelos en medicina preventiva.

Aunque entendemos las dificultades que conlleva la búsqueda de buenos predictores en la investigación biomédica, una vez obtenidos, su impacto puede generar un gran avance en el tratamiento y prevención de enfermedades y abrir vías para mejorar significativamente la calidad de vida de los y las pacientes. En la actualidad, en donde el uso de modelos y manejo de grandes cantidades de datos es cada vez más habitual, no solo en ciencias o medicina, sino también en muchos ámbitos del desarrollo, como en la publicidad o en internet, la capacidad para predecir el futuro con mayor certeza es solo cuestión de tiempo.

Así como hace 40 años el pronóstico del tiempo era bastante incierto y hoy sabemos qué temperatura tendremos en la siguiente hora, esperemos que en los próximos años podamos evitar patologías serias.

Eso, estoy seguro, le devolvería la fe en la predicción del futuro a mi amiga que inventaba el horóscopo.



## RELATOS DE TÚ CON CIENCIA

### *¿Es posible predecir el futuro?*

Primera edición: julio, 2020  
Santiago, Chile  
Centro de Comunicación de las Ciencias  
<http://ciencias.uautonoma.cl>

© Universidad Autónoma de Chile  
Avenida Pedro de Valdivia 425, Providencia  
Santiago, Chile

Fundación Chile Hace Ciencia  
<http://chilehaceciencia.cl>

**Autores:** Dres. Sergio Vicencio y Fernando C. Ortiz  
**Dirección editorial:** Isidora Sesnic  
**Ilustraciones:** Nicolle Fuentealba (@neonatologiaenesquemass)  
**Diseño editorial:** María Kaulen (@mariakaulendisenos)

ISBN: 978-956-8454-78-4

Registro de propiedad intelectual: 2020-A-5218



Este material puede ser copiado y redistribuido por cualquier medio o formato, además se puede remezclar, transformar y crear a partir del material siempre y cuando se reconozca adecuadamente la autoría y las contribuciones se difundan bajo la misma licencia del material original.



MÁS UNIVERSIDAD



Centro de Comunicación  
de las Ciencias  
Universidad Autónoma de Chile

