



Pedro Bibiloni, investigador del grupo Soft Computing, Procesamiento de Imágenes y Agregación (SCOPIA) de la UIB. ELENA SOTO

# Imágenes médicas con lógica borrosa

› **Matemáticas/** La tesis doctoral de Pedro Bibiloni desarrolla varios algoritmos de procesamiento de imágenes para extraer información de fotografías biomédicas, útil como ayuda en el diagnóstico de diversas patologías. **Elena Soto**

Lo difuso, lo impreciso, la escala de grises que va del negro al blanco o los estados intermedios parecen estar reñidos, en principio, con las matemáticas, una ciencia que consideramos exacta, por lo que encontrarla acompañada de adjetivos como borrosa, nos resulta como mínimo chocante.

Generalmente, los humanos opinamos y decidimos a partir de informaciones imprecisas, los conceptos que manejamos acostumbra a ser vagos, «Sí, pero...» nos movemos en diferentes escalas porque tenemos dificultades para definir cuantitativamente elementos que se diferencian unos de otros por matices «Está bastante

caliente...». «No vive demasiado lejos...». La lógica o matemática borrosa, conocida también como difusa (*fuzzy logic*), ha hecho posible tratar problemas complejos, mal definidos o para los que no existen modelos matemáticos precisos, abriendo una vía para tratarlos científicamente. Se trata de una disciplina reciente –el ingeniero Lofti Zadeh la describió por primera vez en 1965 en su artículo los Conjuntos difusos– y su objetivo era crear un formalismo que permitiera manejar de manera más eficiente la imprecisión del razonamiento humano. Su metodología ha hecho posible que una computadora analice información

del mundo real en una escala entre lo falso y lo verdadero, manejando conceptos vagos, como hacen los humanos.

En la práctica, sus aplicaciones son innumerables y, en las últimas décadas, los sistemas basados en reglas de lógica borrosa se han empleado en electrodomésticos, aires acondicionados, vehículos, cámaras de video, maquinaria industrial o tecnología informática, generando miles de patentes y demostrando la importancia de cuantificar la imprecisión.

Uno de los campos en el que esta disciplina está logrando importantes avances es el del procesamiento de imágenes. No es casual

que el término *fuzzy* provenga del lenguaje fotográfico y haga referencia a las imágenes borrosas y difusas, en las que los contornos están mal definidos.

En el ámbito de la medicina, en concreto el de la fotografía biomédica, se enmarca la tesis doctoral de Pedro Bibiloni Serrano, *Curvilinear Object Detection with Fuzzy Mathematical Morphology for Grayscale and Color Medical Imagery*, defendida en la UIB, en la que desarrolla varios algoritmos de procesamiento de imágenes para extraer información de fotografías biomédicas, con el objetivo de que puedan ser de ayuda en el diagnóstico de diferentes patologías.

«Me incorporé hace cuatro años al grupo Soft Computing, Procesamiento de Imágenes y Agregación (SCOPIA) de la UIB, que engloba las técnicas de lógica borrosa», comenta Bibiloni, «había estudiado matemáticas e ingeniería en el CFIS, un centro de la Universidad Politécnica de Cataluña y, cuando vine a Mallorca, Sebastià Massanet y Manuel González, mis directores de tesis, me propusieron un proyecto para trabajar con el procesamiento de imagen médica, que combina la parte matemática con el desarrollo de aplicaciones que pueden implementarse en el mundo real.

SIGUE EN PÁGINA 2

#### -VIENE DE PORTADA

Actualmente el grupo SCOPA forma parte del Instituto de Investigación Sanitaria Illes Balears (IdISBa), participa en algunos proyectos y se busca potenciar la colaboración».

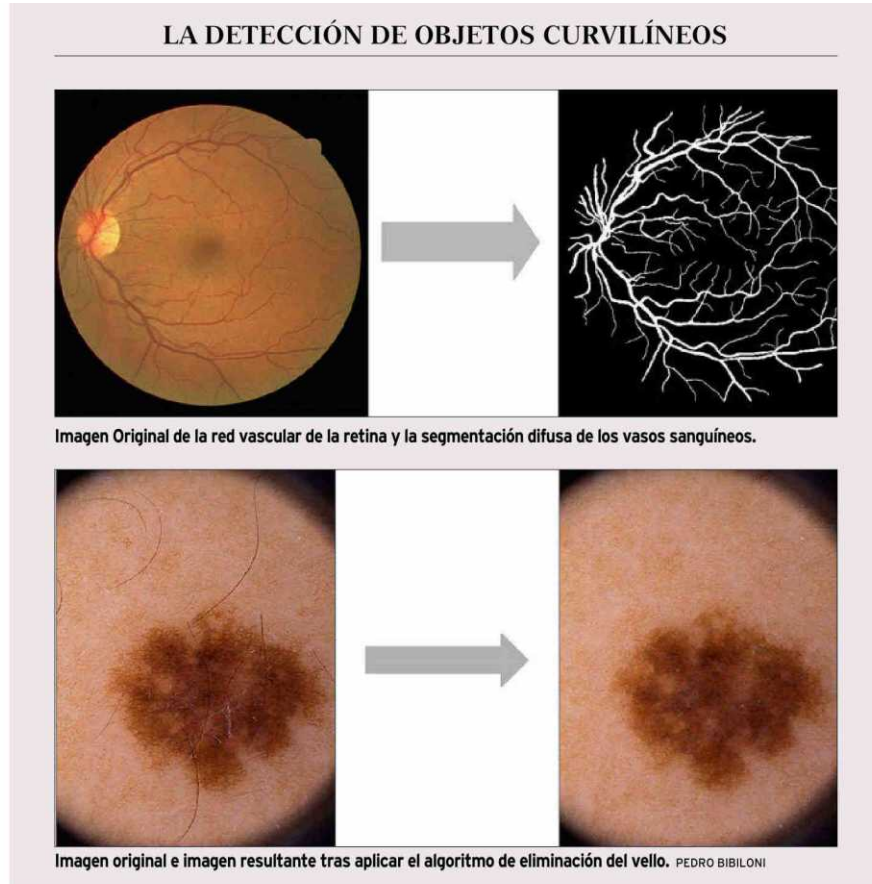
«En la tesis desarrollo dos aplicaciones, por un lado, la segmentación de la red vascular en imágenes de la retina, que resulta de interés para el diagnóstico del glaucoma o de la retinopatía diabética, y por otro, la eliminación de pelos en imágenes de lesiones dérmicas, como paso previo para mejorar la detección de estas lesiones, entre ellas los melanomas», añade.

«Realizamos procesamiento de

**El objetivo de esta investigación es crear algoritmos que sean fáciles de interpretar**

imágenes que, básicamente, consiste en crear algoritmos para que extraigan información de las fotografías o para que las transformen de una determinada manera», explica Bibiloni. «Aunque actualmente está muy en boga el *deep learning* (aprendizaje de las máquinas), dejar que los ordenadores aprendan solos y al final den un resultado, lo que nosotros hacemos es diferente, buscamos crear algoritmos que sean interpretables y para ello empleamos operadores de lo que se denomina morfología matemática borrosa».

«En medicina, los sistemas de *deep learning* apenas se utilizan porque no se pueden interpretar por dentro, son como una caja negra que te dice un resultado, pero no se sabe muy bien cómo la máquina ha llegado a esa conclusión. En general, no tienen buena aceptación entre los profesionales médicos, que buscan algo que les ayu-



de en el diagnóstico, no que los reemplace», aclara Bibiloni.

En la primera aplicación se ha segmentado la red vascular en imágenes de la retina; cuando el oftalmólogo examina esta parte del ojo se fija sobre todo en algunas características, si ve muchos puntos rojos, éstos pueden ser indicativos de una patología, si en un lugar aprecia muchos vasos sanguíneos juntos o que éstos están rotos y son difíciles de identificar, puede ser indicio de otras enfermedades; son pistas y el estudio en profundidad de las imágenes pue-

de ayudar a los facultativos.

«A partir de imágenes de bases de datos establecidas, lo que hemos hecho es ver si podíamos aplicar los algoritmos creados con morfología de lógica borrosa para extraer la red vascular de la retina y, una vez que la teníamos, sacar sus características, ver si el número de bifurcaciones y puntos rojos aislados era excepcionalmente alto o no, o si había grandes regiones completamente rojas que se pudieran interpretar como una hemorragia» informa. «La idea es intentar extraer información y ser

capaz de discernir si existe una cierta patología o no. Dependiendo de que la patología esté presente o no, aparecen unos índices u otros en las imágenes. Es un primer paso, el objetivo final es la creación de un sistema de ayuda al diagnóstico».

La aplicación relacionada con la imagen dermatoscópica consiste en un filtrado, concretamente, en la eliminación de pelos en las fotografías de lesiones dérmicas. Hay algoritmos que buscan cuál es el límite de una lesión, para ver si es simétrica, si tiene bordes regulares

o si ha aumentado su tamaño, pero muchas veces fallan en presencia de pelo, porque confunden el vello con la lesión. «Nos dimos cuenta que una estrategia similar a la que habíamos empleado en el estudio de los vasos sanguíneos, también se podía usar en la detección de pelos, que son objetos curvilíneos, y eliminarlos de la imagen. Este algoritmo permite ver la lesión más fácilmente, porque limpia la imagen, dejándola más nítida», indica Bibiloni.

En ambos casos, se emplean operadores de una herramienta matemática, la morfología matemática borrosa, para transformar imágenes en color. Estos son operadores interpretables, lo que su-

**El algoritmo puede ser de interés para el diagnóstico del glaucoma o de la retinopatía diabética**

pone una ventaja fundamental para el diseño de sistemas de ayuda en el diagnóstico que proporcionan información al facultativo.

Quizás la medicina sea una de las áreas que mejor refleje la incertidumbre, diagnósticos dudosos, diferentes apreciaciones clínicas o distintas opiniones de los expertos, y tal vez éste sea uno de los motivos por el que las aportaciones realizadas desde la lógica borrosa pueden llegar a ser de gran utilidad. En este contexto, la tecnología se utiliza como una herramienta y no como un mecanismo de automatización e, indudablemente, la decisión de un médico siempre estará muy por encima de la de los algoritmos automáticos. Un diagnóstico equivocado puede ser perjudicial, pero tanto el paciente como el médico prefieren la decisión justificada de este último a la de un sistema cuyo mecanismo interno de trabajo puede ser opaco.