

## Entrevista a Sergio Verdú\*<sup>1</sup>

por Enrique Gracián

Sergio Verdú, experto en teoría de la información, recaló hace unos días en Barcelona para participar en una reunión sobre el procesamiento de señales digitales organizada por la ESA.

Cuando se instalaron las líneas telefónicas, nadie imaginó que algún día el hilo de cobre se utilizaría para transportar los bits que un modulador (modem) transforma en impulsos eléctricos. Ahora, queremos comprimir estos bits en paquetes que ocupen el mínimo espacio posible, que los ruidos de la línea no alteren la información y que todo se haga a la mayor velocidad posible. Y también, queremos hacer esto mismo en otros soportes, como la fibra óptica, el teléfono celular o el disco compacto. Para conseguirlo hay que recurrir a la informática, a la ingeniería eléctrica y de telecomunicaciones y a las matemáticas. En definitiva, hay que ser un experto en la Teoría de la Información (TI), que nació con Claude Shannon, en 1948, una de cuyas figuras más representativas es Sergio Verdú.

### ¿Cómo nació la TI?

Después de la Segunda Guerra Mundial, Claude Shannon trabajó en criptografía y advirtió que la entropía de la fuente de la información era un aspecto fundamental de la cuestión, y así es cómo llegó a desarrollar la TI.

### La entropía es una medida del desorden. ¿Hay orden en la TI?

En un texto escrito, las letras no están generadas de forma totalmente aleatoria y aprovechamos este hecho. Si hubiera un desorden total en las estructuras no podríamos comprimirlas. Es el hecho de que hay un cierto orden lo que nos permite eliminar la redundancia y comprimir.

### ¿Debemos entender por redundancia la repetición de datos innecesarios?

Sí. Un ejemplo típico es escribir una frase, borrar las vocales y mostrarla a alguien para que rellene los espacios blancos. Aunque los algoritmos de comprensión trabajan de una forma mucho más sofisticada, podríamos decir que, en general, eso es lo que se puede explotar de una fuente: el hecho de que tiene redundancia.

### ¿Por qué es tan importante el ancho de banda en la TI?

El ancho de banda es un factor fundamental (no el único) que determina la velocidad de transmisión de la información. Un módem, por ejemplo, es un dispositivo diseñado para transmitir información binaria a través de un canal telefónico (diseñado para transmitir voz) cuyo ancho de banda es aproximadamente de 3.000 ciclos por segundo. Una de las grandes

---

\* Publicada el 12 de octubre de 1996 en el Suplemento *Ciencia y Salud* de LA VANGUARDIA.

soluciones que da la TI es poder calcular la capacidad del canal, es decir, la máxima velocidad a la que se puede transmitir información de manera fiable. Hoy, por un precio asequible, podemos comprar un modem que transmite a 28.800 bits por segundo, una velocidad muy cercana a la que la teoría predijo hace 50 años.

**¿Quiere decir esto que la informática no nos sorprenderá con un modem de 100.000 bits/segundo?**

Exactamente. Por mucho que mejore la tecnología no se puede superar el techo ineludible de la capacidad del canal. Esto no deja de sorprender a gente acostumbrada a que las prestaciones tecnológicas en la informática se doblen cada pocos años.

**¿Tenemos también un techo en los teléfonos celulares?**

Es un mercado que vive una explosión exponencial de la demanda, pero debido a los tratados internacionales que lo limitan, el ancho de banda no crece. Quizá, en el futuro se doblará o triplicará, pero, aun así, existe un techo y cada vez será más importante el papel que juegue la tecnología para llegar a la máxima velocidad que nos permita este ancho de banda. Actualmente estamos en la prehistoria, en el sentido de poder utilizar el ancho de banda de ese canal de una manera tan eficiente a como estamos utilizando el del canal telefónico.

**¿Es la fibra óptica la apuesta del futuro para las comunicaciones?**

Hay que tener en cuenta la increíble inversión que se ha hecho en todo el mundo en el cable de cobre que va hasta cada una de nuestras casas y a la que no se puede renunciar así como así. La fibra óptica nos proporciona el mayor ancho de banda que hay en cualquier canal de comunicación. Pero el cuello de botella está en la interfaz: la electrónica aún no tiene la velocidad que posee la fibra óptica. El papel importante lo jugarán los dispositivos electrónicos ultrarrápidos que puedan obtener el máximo beneficio de ese ancho de banda.

**Es habitual medir el progreso de un país con relación a cosas como el número de coches o teléfonos por habitante. Usted dijo que el progreso de un país se podía medir por el ancho de banda por habitante.**

Así es. Desde el teléfono hasta Internet, pasando por el fax, el teléfono móvil y los medios de comunicación, el ancho de banda significa productividad. Hay que tener en cuenta que el ancho de banda es uno de los pocos recursos naturales que son realmente renovables, porque si, en este momento, yo utilizo un ancho de banda, cualquiera puede utilizarlo después sin ningún tipo de corrupción.

**Parece ser que la información que recorre nuestros canales nerviosos también está codificada. ¿Tiene la teoría de la información algo que decir a este respecto?**

Sí, por supuesto. La neurona codifica la información en la frecuencia, duración y separación de los pulsos de excitación. Actualmente se están elaborando estudios experimentales muy

interesantes de sistemas biológicos, como, por ejemplo, el sentido de la vista de ciertos insectos. Se ha observado que estos sistemas biológicos codifican y procesan la información de manera bastante eficiente, desde el punto de vista de la TI.

### **Masa y energía. ¿Es la información el tercer elemento de la naturaleza?**

Shannon demostró que para transmitir un bit de información a la temperatura ambiente con absoluta fiabilidad se necesitan aproximadamente  $3 \times 10^{-21}$  joules. Es decir, con la misma energía que necesitamos para hervir un litro de agua podemos enviar unos  $10^{22}$  bits de información (un disco compacto contiene aproximadamente  $5 \times 10^9$  bits). La equivalencia energía-información de Shannon se refiere a canales con unas características estadísticas muy particulares (parecidos a los que existe en la comunicación con sondas interplanetarias) y no acota el tiempo necesario para enviar cada bit. En 1990, demostré una fórmula más general para la mínima energía necesaria para transmitir un bit de información. Por los números que he citado podemos comprender por qué el máximo número de bits que se pueden transmitir por joule tiene poco impacto en el mundo práctico. «En la práctica, lo que más nos interesa es el máximo número de bits que se pueden transmitir por segundo, es decir, la capacidad del canal de comunicación. Es un límite fundamental que, como la velocidad de la luz, no se puede transgredir».

### **Un investigador de la teoría de la información**

Sergio Verdú nació en Barcelona, en 1958. Recibió el título de ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Barcelona, en 1980, y en 1984 se doctoró en la Universidad de Illinois, Urbana-Champaign. Es catedrático del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Princeton (New Jersey, EE.UU.). Sus investigaciones se centran en la teoría de la información y las comunicaciones multiusuario. Ha recibido el premio presidencial de investigación de la Fundación Nacional de la Ciencia de Estados Unidos (FNC) y el Donald Fink del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Es miembro de este último (la sociedad profesional técnica mayor del mundo, que cuenta con más de 320.000 miembros en 147 países) y ha sido elegido a la presidencia de la Sociedad de Teoría de la Información para el próximo año 1997.