# Ciencia, Tecnología, Ingeniería



Archivo de fotos de John Deere Ibérica.

Con motivo del sesquicentenario de los ingenieros agrónomos y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, miembros de la ETSIA analizan en sendos artículos el origen de la ingeniería y las orientaciones futuras para los ingenieros. El presente artículo trata de cómo los problemas que resuelve la tecnología generan nuevos problemas derivados, inherentes a la propia acción tecnológica.

**José Manuel Amaya García de la Escosura.** Doctor Ingeniero Agrónomo.
**Mercedes Flórez García.** Doctor Ingeniero Agrónomo.

La técnica, cuya misión es resolver al hombre problemas, se ha convertido de pronto en un nuevo y gigantesco problema». Esta consideración la hace Ortega y Gasset en un libro titulado "Meditacion de la Técnica", (1939) libro de excelencia en el que Ortega con ese estilo exquisito que le caracteriza va analizando hasta lo más profundo el sentido que entraña la técnica en el ser humano: «la técnica está ligada, necesariamente, a lo que significa ser humano. El ser humano es realmente un ser técnico». Resulta sorprendente comprobar como hoy, casi setenta años después de que Ortega publicara su meditación, sus previsiones y advertencias sigan vigentes.

Del mismo modo que existe una filosofía de la ciencia, existe una filosofía de la tecnología, disciplina esta relativamente nueva que cada vez va tomando más consistencia sistemática y empuje creciente como consecuencia del gran impacto social, cultural y ambiental de los más recientes desarrollos científico-tecnológicos. Existen dos tradiciones distintas en la filosofía de la tecnología que son, por una parte, la llamada filosofía de la tecnología ingenieril que analiza a la tecnología desde dentro y ve el mundo en términos tecnológicos, y por otra, la llamada filosofía de la tecnología de las humanidades que analiza la tecnología desde fuera para buscar una perspectiva no tecnológica que de origen a una interpretación del significado de la tecnología y analizar los aspectos problemáticos de la sociedad tecnológica. Dentro de esta última corriente de pensamiento, se encuentran figuras tales como Lewis Mumford, José Ortega y Gasset, Martin Heidegger y Jaques Ellul.

## El germen de la técnica

El germen de la técnica es la conciencia de necesidad en consonancia con la facultad de desarrollarla. Los estudios antropológicos ubican esta facultad en la

especie más antigua del género Homo, denominada Homo hábilis y que se estima data de hace más de dos millones de años. El calificativo de *"hábilis"* para nominar esta especie alude precisamente a que representantes de la misma habrían sido los primeros en fabricar utensilios y más tarde construir refugios. El *Homo hábilis* convivió con otras especies como la llamada *Homo ergaster* que tenía un cerebro mayor. Los estudios antropológicos demuestran que el desarrollo del cerebro resulta ser paralelo al desarrollo y perfeccionamiento de las habilidades, por lo tanto se estima que es en el *Homo hábilis* donde surge el germen de la técnica con la fabricación de útiles y sin duda el comportamiento social resultado de la convivencia.

El *Homo erectus*, que fue una forma evolucionada del *Homo hábilis* y más próxima al hombre moderno, inventó la forma de producir el fuego, parece ser que por frotamiento, hace unos 450.000 años quizás por casualidad y esto es lo que Ortega en su libro "Meditación de la técnica" denomina la técnica del azar. El descubrimiento de hacer fuego dota a esta especie de grandes posibilidades que paulatinamente va desarrollando y descubriendo sus múltiples aplicaciones. El fuego es símbolo de la energía y del poder, quien dispone de energía tiene poder. En varias mitologías los dioses más poderosos se simbolizan por fuego, como por ejemplo en los griegos Zeus, el más grande de los dioses, su nombre significa "el que lanza el rayo", dios del cielo luminoso.

Merlín Donald, en su libro "Orígenes de la mente humana" define la cultura en sentido amplio, como "un sistema colectivo de conocimientos y conductas" y establece tres estadios para la misma tales como la "cultura episódica" como habilidades cognitivas de muchos mamíferos que evolucionaron en los grandes simios y utiliza ese término en el sentido de que la vida de estos animales es actual y solo tiene sentido en sucesos del presente.

De la "cultura episódica" se evolucionó a la llamada "cultura mimética" que es la que desarrolla el *Homo hábilis* ya citado, que ejecuta actos conscientes intencionales pero no lingüísticos y es aquí donde se estima el surgimiento de la técnica rudimentaria. Por último durante la transición del *Homo erectus* pasando por el *Homo sapiens* arcaico hasta culminar en el *Homo sapiens sapiens* (hace 60.000 años) que es el hombre que tiene conciencia y se da cuenta consciente de su propio conocimiento tendría lugar el salto de la "cultura mimética" a lo que Donald denomina "cultura mítica" que es donde surge el lenguaje y por lo tanto transferencia informativa con génesis de conocimiento y conservación del mismo. La aparición del lenguaje es crucial, es un salto evolutivo de considerables dimensiones pues con el lenguaje aparece el pensamiento analítico y dualista, esto es, cada cosa y su contrario . Konrad Lorenz destacado etólogo y premio Nobel de Fisiología y Medicina 1973, decía que el cerebro hace el lenguaje y, a su vez, el lenguaje hace el cerebro y por lo tanto es un proceso de realimentación continua.

Como consecuencia del lenguaje y su misión figurativa el ser humano sintió la necesidad de concebir modelos del Universo y plantearse su misión en el mismo, su procedencia y destino que es al fin y al cabo lo que aparece en los mitos.

A principios del siglo VI a. C. en Grecia y más concretamente en Jonia, colonia griega de Asia Menor, debido a profundas transformaciones de índole cultural y social el ser humano siente la necesidad de sustituir la mítica por la teorética, esto es, sustituir los modelos de explicación fantástica por una explicación racional. Surge así la filosofía y los hombres pasan de ser filómitos a ser filósofos. Es curioso observar que la filosofía que nace en Jonia y que va a ser el germen de la Cultura Occidental, que es la cultura de la palabra, el logos, el verbum, surge precisamente en las puertas de Oriente que es la cultura del silencio, la meditación y acaso el susurro.

Pero los griegos no tuvieron la exclusiva del pensamiento racional, lo observaron en otros pueblos como Egipto, Mesopotamia, etc., lo que sucede es que fueron más allá de la aplicación práctica, fueron hacia la abstracción y concibieron la metafísica.

**La ingeniería es la materialización proyectada y hecha efectiva del contenido de la tecnología**

El uso de la racionalidad como modelo de explicación del mundo dio lugar a la ciencia y tuvo que pasar mucho tiempo hasta que Galileo, a principios del siglo XVII, marca el fin de la ciencia antigua y es Newton quien, a finales del citado siglo, sienta las bases de la ciencia moderna que se consolida con su paradigma por medio del cual la física y, sobre todo, la mecánica se matematizan. Pero ni Galileo ni el propio Newton lo hicieron todo, sino que tuvieron la genialidad de reunir, interpretar y estructurar lo que ya andaba por ahí disperso. Por eso Newton dijo algo así como "lo que yo he hecho es porque he subido a hombros de gigantes". A partir de aquí, la técnica que era un arte, una destreza, pero no una ciencia y que se transmitía de una generación a la siguiente por medio de una clase especial, el artesano, se va a ir impregnando cada vez más de ciencia y va a dar lugar a la tecnología, a lo que Ortega llama la técnica del técnico o técnica del ingeniero que es la actual.

## ¿Qué son la ciencia, la tecnología y la ingeniería?

Surgen entonces tres preguntas fundamentales tales como ¿Qué son pues, la ciencia, la tecnología y la ingeniería?.

La ciencia es toda aquella actividad intelectual objetiva y rigurosa que configura la visión del mundo en el espacio y en el tiempo. Es cultura del pensamiento.

La tecnología es la cultura material como forma de la acción transformadora de la materia. Es técnica impregnada de ciencia.

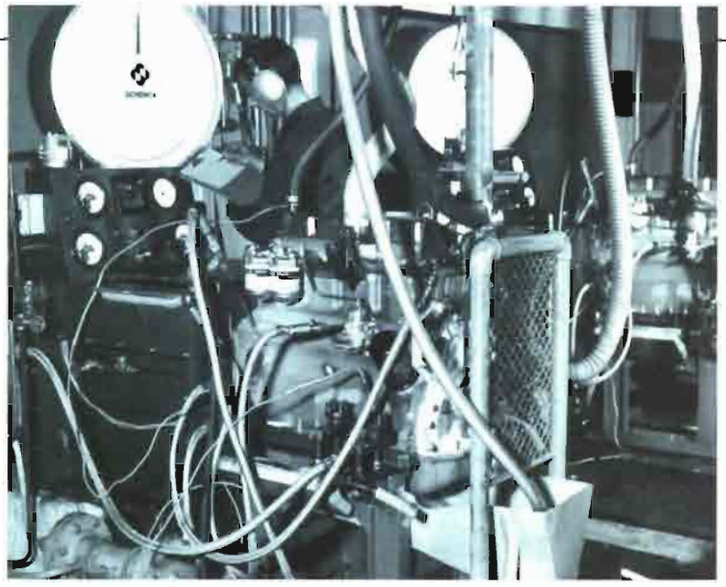
La ingeniería es la materialización proyectada y hecha efectiva del contenido de la tecnología. La ingeniería es conocimiento científico-tecnológico convertido en praxis.

Ahora bien, tanto la ciencia como la tecnología y la ingeniería están a su vez impregnadas de un considerable sentido social, lo que da lugar a considerarlas en una imbricación cuaternaria ciencia-tecnología-ingeniería-sociedad, cuaterna cuyos elementos coexisten en "simbiosis", recurriendo a un símil biológico, y a su vez retroalimentación.

Actualmente la tecnología ha adquirido tal magnitud de dimensiones y posibilidades que sobrecoge pensar el posible destino en el que el ser humano puede desembocar si es que este, dejado llevar de poder ser todo lo imaginable, como bien destaca Ortega en su "Meditación", pierde el control del mismo potencial de poder que tiene en sus manos. Esto no es hacer catastrofismo ni augurios maléficos, es simplemente tomar conciencia de un hecho que se da aquí y ahora y que el porvenir está abierto.

## El deterioro del medio ambiente

Uno de los problemas actualmente más acuciantes y que se ha venido afrontando cada vez



Archivo de fotos de John Deere Ibérica

más por simple acumulación es el del Medio Ambiente y su progresiva degradación y que en los últimos tiempos los científicos, tecnólogos e ingenieros han tomado conciencia clara y responsable en el intento de frenar y a la vez sanear el deterioro natural ya producido. Por eso, encabezamos este artículo con la frase de Ortega. Todos estamos últimamente acostumbrados a oír frases o palabras tales como "desarrollo sostenible", "ecoeficiencia", "contaminación ambiental", "energías limpias", "convenio de Kyoto", etc. que en su conjunto no vienen sino a insistir una y otra vez en que la naturaleza está enferma en el entorno en que vivimos y es urgente ponerla en tratamiento para curarla y, curiosamente, esos medios de curación hay que obtenerlos de la propia tecnología, que es precisamente la que ha producido la enfermedad.

Cualquier acción perturba algo. El mundo es un continuo dinamismo de interacción, transferencia y cambio. En la ciencia se dice que un observador que observa un sistema para obtener una medida del mismo, lo perturba por el mero hecho de observarlo. Anteriormente se decía de la tecnología que era acción transformadora de la materia con una objetivización concreta finalista, esto es, la de resolverle problemas al ser humano situándole en un estado de bienestar.

Pero la tecnología, como tal acción transformadora, perturba algo, lo altera, entendiendo esta alteración en sentido amplio como un proceso de cambio. Resuelve problemas, en efecto, pero también los crea. Existe un principio emanado de la filosofía kantiana y que el gran filósofo alemán Inmanuel Kant lo expone en su obra titulada "Prolegómenos a toda metafísica del porvenir" donde lo aplica a la ciencia conocido con el nombre de "Principio de propagación de problemas" o "Principio de Kant", cuyo enunciado es como sigue: «la solución de cualquier problema científico da origen a otros problemas no resueltos».

Para la expectativa de un progreso científico sin fin es suficiente apoyarse en la función del efecto kantiano de que los antiguos problemas al ser resueltos (o disueltos) engendran otros problemas.

Algunos filósofos de la ciencia, como Nicholas Rescher, han llamado a este fenómeno "efecto de proliferación de Kant" o simplemente "efecto de Kant" a este "nacimiento" siempre continuo de problemas en términos de un ciclo de cuestiones y respuestas en continua evolución.

Este "efecto de proliferación de Kant" es aplicable a la tecnología en el sentido de que los problemas que resuelve la tecnología generan nuevos problemas derivados inherentes a la propia acción tecnológica, a veces, incluso más problemáticos que los que fueron resueltos. Pudiéramos llamar a estos problemas residuales de la acción tecnológica "tecnoentropía", por lo tanto, toda acción tecnológica genera tecnoentropía .

Cualquier acción perturba algo. El mundo es un continuo dinamismo de interacción, transferencia y cambio

Es evidente que la problemática medioambiental, esto es, los cambios degradantes del entorno natural son tecnoentropía que es el "efecto de Kant" de la tecnología.

En sentido amplio, existen tres grandes problemas ambientales que pueden resumirse como sigue:

1. La sobreexplotación de recursos que es toda aquella acción tecnológica que extrae de la naturaleza mucho más de lo requerido en el sentido de un contexto de equilibrio razonable, cuestión que incide en la agricultura, pesca, agua, bosques, etc.

2. La mala ocupación del medio físico con instalaciones improcedentes, dimensionamientos inadecuados, áreas superpobladas, etc. que dificultan la vida y entorpecen las relaciones humanas.

3. La contaminación clásica a la que habitualmente se llama contaminación ambiental, que es aquella que genera agentes nocivos. El aire, el agua y los alimentos son indispensables para la vida, pero pueden ser, y de hecho así ocurre, vehículos transmisores de agentes perjudiciales para la salud, si no se respetan los límites de tolerancia normativos científicamente establecidos. Dentro de estos agentes nocivos existen tres grupos:

1. Los biológicos
2. Las materias o agentes químicos
3. Los energéticos

Dentro del primer grupo, se encuentran diversas clases de microorganismos y virus que dan lugar a las enfermedades infecciosas. En el segundo grupo están los agentes químicos en donde se incluyen las sustancias derivadas de la combustión de materias, como carbón, petróleo, etc., las que se emplean en la agricultura, ganadería e industria y los productos radiactivos incontrolados, en general. Asimismo, los alimentos pueden contaminarse con sustancias empleadas en la agricultura como abonos, herbicidas, pesticidas y otros mal dosificados e incontrolados, así como, los agentes que la ganadería emplea para aumentar la producción de carne, leche, etc., sin respetar los límites de tolerancia normativos con actuaciones fraudulentas y aquellos que las industrias alimentarias usan como aditivos para garantizar la conservación, siendo evidente que todos estos agentes mencionados pueden derivar en nocivos si no se respetan las normas legales y controles de rigor.

Para concluir, digamos que la acción tecnológica necesariamente produce tecnoentropía, esta es inevitable. Por lo tanto, es labor de los científicos y, por supuesto, de los ingenieros, aunar esfuerzos y proyectar sus actuaciones en el sentido de investigar alternativas que lleven al mínimo esta tecnoentropía o que la que se produzca no sea nociva para la vida.

Por lo tanto, la cuaterna teórica antes establecida de ciencia-tecnología-ingeniería-sociedad, queda ampliada en la forma real de ciencia-tecnología-ingeniería-sociedad-naturaleza-degradación. ■