

Age si quid agis

Excelentísimo Señor Rector Magnífico de la Universidad de Málaga e Ilustrísimo Señor Decano de su Facultad de Ciencias que me reciben, Excelentísimo Señor Rector Magnifico de la Universidad Politécnica de Madrid e Ilustrísimo Señor Director de su Escuela de Telecomunicación, mi alma mater, excelentísimas e ilustrísimas autoridades, colegas, estudiantes y familiares, amigos todos:

Veniam oratum peto

Es para mí un alto honor recibir el grado de Doctor Honoris Causa por esta universidad de mi ciudad natal, por la que de niño suspiré y que ha hallado en nuestros días una espléndida plenitud por todos reconocida.

Agradezco este alto honor a la iniciativa de mi hermano Alberto y de mi amigo de la infancia Jerónimo Pérez Casero, Momo, hoy presidente de la Cámara de Comercio de Málaga, que suscitaron mi candidatura y al Departamento de Física Aplicada, dirigido por el Prof Dr. D. José Ramon Ramos Barrado, en el que con un grupo

de profesores promovieron también mi candidatura, independientemente.

También, cómo no, a la Rectora Adelaida de la Calle que aceptó ambas iniciativas, al Dr. Gomez Barrado, quien accedió a apadrinar mi recibimiento en el claustro malacitano y pronunciar –con exageración– mi laudatio, a los demás órganos colegiados que me han considerado digno de tan alta distinción y al Rector José Angel Narváez que ha propiciado mi investidura.

Por último, en un momento en el que se me premian méritos reales o percibidos, no quisiera dejar de señalar y agradecer el cálido apoyo que he recibido de mi familia, sobre todo de mi esposa Yayi y también de mis hijos Ignacio y Sofía.

He elegido como título de mi discurso el sugerente juego de palabras de Plauto, *age si quid agis*, que el profesor Gómez Barrado añade, a guisa de lema, en sus correos electrónicos. Con mi atrevida, por inexperta, traducción, el lema me dice: ¡actúa si algo pretendes! De esto va mi discurso.

Me honro en decir que este espíritu lo aprendí de mi director de tesis, el malogrado profesor Rogelio Segovia. Para él no había barreras. Cualquier logro estaba nuestro alcance. Él había estudiado la carrera de Ingeniero de Telecomunicación siendo

cartero con una beca de Ministerio de la Gobernación, al que Correos pertenecía. Desgraciadamente murió joven.

En mi doctorado construí, en 1966, un sencillo laser de rubí, primero en España, con unas 50 000 pesetas, que me concedió el entonces director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid (única entonces), don Emilio Novoa. Tras concluirla, cambié de ruta y me orienté a los semiconductores, tarea ambiciosa por ser una investigación de elevado coste. Tuve suerte y, quizás por mi aprendida audacia, conseguí financiación desde 1969 para establecer un Laboratorio de Semiconductores que, hacia 1974, llegó a fabricar pequeños circuitos integrados. No éramos muchos en Europa y formamos un club de centros que incluía al posteriormente ennoblecido Barón Roger van Overstraeten, fundador del famosísimo IMEC, uno de los mejores centros mundiales para el desarrollo de la microelectrónica. Tuve la oportunidad de compararme con los logros de otros y perdí el complejo de inferioridad que era y, en parte, sigue siendo ingrediente inherente a nuestra educación y cultura. Los otros también tenían dificultades para conseguir fondos, a veces más que yo, y aunque había diferencias en nuestros procedimientos, los procedimientos españoles, entonces menos consolidados y esclerotizados, sorteaban las dificultades con enorme eficacia.

En 1974, el Vicerrector de Investigación de mi Universidad Politécnica madrileña, don Luis de Mazarredo, bajo la égida del Rector Ramos, me seleccionó para participar en el programa de cooperación hispano norteamericano llamado Fronteras de la Ciencia que se inició con un viaje colectivo de una docena de científicos de varias instituciones españolas a varias instituciones americanas para establecer investigaciones conjuntas.

Estados Unidos, como el resto del mundo, se encontraba bajo los efectos del primer choque petrolero. La prioridad en la búsqueda de alternativas al petróleo era grande. Yo encontré entonces el tema de mi vida. La fotovoltaica. No le ocurría como a la microelectrónica donde el retraso europeo era de al menos cinco años y el español algo mayor. Si podía desviar rápidamente la atención de mi grupo, ya bien dotado, hacia la nueva línea, estaríamos casi a la par. Y pudimos; no sin tensiones, porque la autoridad en España —yo ya era Catedrático— hay que ganársela; no la imponen (como en Alemania) las estructuras, pero lo conseguimos con una escisión del grupo. En 1979, el Laboratorio de Semiconductores se convirtió en Instituto de Energía Solar, que hoy es uno de los más antiguos del mundo dedicados enteramente a la fotovoltaica, superado sólo en

antigüedad, según mis cuentas, por el Instituto de Conversión de Energía de la Universidad de Delaware, en EEUU.

El proyecto con los americanos no fue una gran elección, y lo vi enseguida. Pero entonces inventé la célula bifacial, de la que luego hablaré, para cuyo desarrollo conseguí financiación hacia 1975 de la llamada Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, que entonces presidía el profesor Federico Mayor Zaragoza, como Subsecretario de Educación. Todo ello bajo la enorme crisis económica del choque petrolero y política de la muerte de Franco con todo el cambio de régimen que ello conllevaba.

Hay que decir que, fruto de la crisis, los pactos de la Moncloa dieron prioridad a la investigación en energías renovables y de ellos salieron las investigaciones de Almería que han puesto a España a la cabeza de la tecnología termosolar. Yo, con mi fotovoltaica, no me pude beneficiar gran cosa.

Una célula solar consta de un material —frecuentemente un semiconductor— con dos niveles o bandas de energía, que en los semiconductores son las bandas de valencia y de conducción, y

en las moléculas son los estados homo^1 y lumo^2 de un electrón de la capa exterior. Además hacen falta contactos selectivos, uno que permita extraer los electrones más energéticos, los de la banda de conducción o de los estados lumo , y otro que permita reintroducirlos en las bandas o estados menos energéticos: la banda de valencia o los estados homo . De esta manera, los fotones de la luz solar bombean electrones del estado energéticamente inferior al superior, y extraído este electrón de más energía en forma de corriente eléctrica gasta su energía en realizar un trabajo útil, por ejemplo, mover un motor, siendo finalmente reinyectado en el material a través del contacto selectivo a los estados de energía inferior.

En las células solares ampliamente predominantes en el mercado, el material es el semiconductor silicio y los contactos selectivos se obtienen con un dopaje con boro del volumen del silicio, que facilita el contacto con la banda de valencia, y un dopaje con fósforo de la capa superficial frontal, que facilita el contacto con la banda de conducción.

El espesor del silicio usado en una célula solar es de unas 300 micras. Si se iluminara por la cara posterior se bombearían electrones a la banda de conducción, pero caerían de nuevo en la

¹ Highest occupied molecular orbital

² Lowest unoccupied molecular orbital

banda de valencia antes de alcanzar la capa frontal donde se encuentra el contacto selectivo con la banda de conducción. Este proceso, que se llama recombinación, se produce por las impurezas existentes en el silicio. De aquí que el silicio requerido deba ser extremadamente puro.

La célula bifacial, a la que antes aludí, es activa por ambas caras. Fue objeto de una exhaustiva investigación mediante la cual tres posibles configuraciones fueron desarrolladas bajo mi dirección por tres estudiantes de doctorado. La opción considerada más fabricable, objeto de la tesis de Javier Eguren, consistía en una célula hecha en silicio sin dopar con boro, con una capa dopada con fósforo, por delante, y otra capa dopada con boro, exclusivamente por detrás. Este silicio, por su mayor pureza, hacía posible el tránsito hacia la capa frontal de los electrones de la banda de conducción generados por detrás.

La idea de la inicial célula bifacial era usarla en concentradores estáticos, sin órganos móviles, que redujeran el uso de silicio. Sin embargo pronto se vio que pintando de blanco la pared o suelo donde se ponía un panel de células bifaciales el incremento de potencia eléctrica extraída era sustancial. Con esta idea se funda Isofotón, la famosa empresa fotovoltaica malagueña. Mi hermano Alberto tuvo un importante papel en su fundación en 1981. Entre los dos incorporamos a unos cuarenta accionistas

que aportaron unos 43 millones de pesetas (258.000 €). También participó la propia Universidad Politécnica de Madrid y una sociedad estatal de apoyo a la creación de empresas innovadoras y tuvimos acceso a fondos públicos de investigación, de la ya citada Comisión Asesora y más tarde a un crédito del recién creado CDTI ³. Unos 5 millones de pesetas se dedicaron al proyecto de transferencia de tecnología que lideró el Dr. Gabriel Sala en el Instituto de Energía Solar de Madrid y el ya citado Javier Eguren en Isofotón, con su doctorado ya terminado, como director técnico de la Empresa, haciendo también funciones de director general. Con 15 empleados la empresa pudo ofrecer sus primeros módulos al mercado en 1982. La capacidad inicial de la empresa era de 330 kW anuales. Se había trabajado con singular diligencia.

Un año después estábamos Eguren y yo en la conferencia fotovoltaica del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) de los EEUU exponiendo nuestro módulo bifacial cuando Dick Swanson, de Stanford, empezó a traernos amigos para que vieran nuestro módulo: ¿era posible iluminar por detrás una célula de silicio! Pocos años después él abandonaba Stanford y fundaba la empresa SunPower, en la que la célula se iluminaba sólo, entre comillas, por “detrás” para dejar esa cara libre de

³ Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial

contactos y recibir más luz. Hoy son las células comerciales de silicio de más rendimiento del mundo.

Isofotón atravesó por muchas vicisitudes. No sabía ni fabricar ni vender. Normal. Pero vinieron al rescate Abengoa, con fondos también de la Junta de Andalucía y del banco de Vizcaya, y después Alcatel. Con Alcatel se suspendió la fabricación de células bifaciales que consideraban demasiado cara; hoy son una tendencia de fabricación, minoritaria pero consolidada.

Finalmente, debido a las pérdidas, hacia 1990 todos abandonaron la compañía, que tenía ya un capital de 361 millones de pesetas (2.17 M€) y yo también. Gracias a la habilidad de José Luis Manzano y de Emiliano Perezagua, la Junta de Andalucía la mantuvo en hibernación durante un par de años hasta que se vendió al Grupo Bergé. Entonces Isofotón dio un gran salto adelante llegando a ser hacia el 2000 la mayor fabricante de células solares de Europa y la séptima del mundo, con unos mil trabajadores en plantilla y ventas de 100 millones de euros en 2005.

Hacia 2008, cuando el mercado fotovoltaico en España llegó a ser el mayor del mundo, instalando 2.6 gigavatios, que producían

lo mismo que la planta nuclear de Garoña⁴ que se pretendía cerrar, Isofotón no fue capaz de suministrar sino una mínima parte de ese mercado. La brutal competencia de los chinos, basada en gran parte en un dumping de estado, la fulminó, como ha hecho con la casi totalidad de las empresas fotovoltaicas occidentales. Fue comprada por Affirma, con contactos con empresas asiáticas que no fructificaron y hoy está, según creo, bajo administración judicial. Isofotón ha sido una empresa emblemática, una de las fotovoltaicas más antiguas del mundo y conocida por doquier. Durante 30 años ha dado trabajo a muchas personas y ha elevado el nivel tecnológico de la ciudad y de la nación.

Por lo que a mí se refiere, en 1990 abandoné la presidencia de Isofotón y me puse a estudiar los principios termodinámicos de las células solares inventando la célula solar de banda intermedia que podría dar un rendimiento mucho mayor que el de las células convencionales. Mi artículo seminal sobre este tema en Physical Review Letters en 1997, con Antonio Martí, ha recibido hasta la fecha (Octubre 2016) más de 1210 citas en la WOK (Web of Knowledge) y hay más de 100 centros en el mundo que

⁴ La planta de Garoña tenía 460 MW pero su uso era de unas 8000 horas al año, con una producción de $460 \text{ MW} \times 8000 \text{ h/año} = 3680000 \text{ MWh/año}$. Las horas de sol a máxima insolación en España vienen a ser de 1750 h/año. El Performance Ratio es de alrededor del 0.8; la producción es $2600 \text{ MW} \times 1750 \text{ h/año} \times 0.8 = 3640000 \text{ MWh/año}$

trabajan en ella. Pero me van a disculpar que no hable hoy de ello. En Málaga me toca analizar el recorrido de Isofotón.

Bueno, la historia se puede comparar la que vi en la película “Medidas Extraordinarias” con Brendan Fraser y Harrison Ford, basada en un caso real. Se trataba de un medicamento para curar una enfermedad rara —la enfermedad de Pompe— y el promotor —un gestor de I+D— tenía hijos que la sufrieran. Buscó al científico que creía el más adecuado y consiguió unos 98.000 \$ de crowdfunding para empezar (intentó 500.000\$); luego vinieron las búsquedas de fondos, primero en una empresa de capital riesgo, creando la nueva empresa Pryozyme, y después, ante la falta de fondos suficientes, vendiendo Pryozyme a una empresa farmacéutica mucho mayor, todo ello con sus tensiones y sus infidelidades. Finalmente el científico quedó apartado, probablemente con razón, de los últimos pasos del desarrollo. Pero termina con un final feliz. La medicina se comercializa y cura a los hijos del promotor. Quizás Isofotón no vaya a tener un final feliz, aunque el final nunca está escrito.

Debo aclarar que yo no fui apartado de la presidencia de Isofotón. Al contrario, se me rogó insistentemente que continuara. Pero sí, por cierto, se me había despojado desde muy pronto de todo poder efectivo de decisión. Sin cobrar un sueldo

(que nunca cobré), decidí que no tenía sentido aceptar las responsabilidades del cargo.

Es decir, en la España de los 80, en plena crisis económica y política, se pudo hacer algo muy americano: se obtuvieron fondos importantes para iniciar una empresa tecnológica en la que después se interesaron varias grandes corporaciones españolas.

La investigación pública en España hace mucho tiempo que está a un nivel, tanto de financiación como de resultados, acorde con la renta española, que es bastante alta. En cambio la investigación industrial está claramente por debajo, no tanto en financiación sino sobre todo en resultados, si se miden por la producción de patentes. Sin embargo en los años de la crisis parece que se ha producido un cambio notable en la exportación de productos de alta tecnología. Esto es esperanzador y refleja que las empresas empiezan a considerar que tener una tecnología competitiva a nivel mundial es indispensable para su futuro. Posiblemente la propia crisis ha sido el detonante de esta eclosión. Bajo un mercado interior expansivo, el interés por la competitividad internacional era moderado. Bajo un mercado interior en dificultades se ha emprendido una senda mucho más prometedora.

La diferencia más notable entre los EEUU y Europa, incluida España, es la consideración de la especulación. EEUU es un país de jugadores. Apostar para ganar mucho está en su cultura. El capital-riesgo americano es puro juego. Se apuesta por cosas imposibles porque si aciertas alcanzas un monopolio temporal — que de eso se trata— y puedes ganar mucho. Y a nadie le parece mal esta especulación. En biología molecular la proporción fracaso total es del 90% según la película. En Europa se apuesta sobre seguro, aunque se sepa que se va a ganar poco o nada, no hay monopolio, se llega tarde. En todo caso ganar dinero muy por encima de los costes es una actividad considerada inmoral. Por cierto, Harrison Ford consiguió un cheque de 6 millones de dólares, y eso antes del éxito final. Yo 5.000 Ptas, unos 30 euros.

No siempre ha sido así en España. La aventura de Colón fue la mayor apuesta imposible nunca hecha: Colón, el inconsciente, quería ir a la China cruzando el océano pero se sabía perfectamente que eso era imposible. Desde Eratóstenes (255 a.C) se sabía que la Tierra era mucho mayor de lo que Colón decía. Lo sabían los doctores de Salamanca que informaron negativamente el proyecto. Sin embargo el proyecto se aprobó (¿porqué?) y los beneficios, sólo los económicos, han sido incalculables.

Los recursos humanos disponibles en España para alcanzar una estructura productiva altamente tecnológica son los adecuados, en comparación con los países con que queremos compararnos; sin embargo la proporción de personas con un nivel bajo de educación, afectado por el fracaso escolar, es muy elevada bajo las mismas comparaciones. Parecería que un sector de la población española es inempleable por una sociedad avanzada.

Esto es una de las causas de nuestro elevado paro juvenil. Y es muy grave. Quizás llevados de una ideología demasiado tolerante estamos malcriando a nuestra juventud. Lo mismo que ocurría con las industrias. No hay que olvidar que el esfuerzo es penoso pero enriquecedor.

Pero como hemos dicho, esto no afecta a la disponibilidad de profesionales capaces de llevar a cabo nuestro desarrollo tecnológico. En esto la universidad no está fallando.

Seguramente mis palabras anteriores contrastan con la sensación de desastre de la estructura científica de España que tienen muchos de mis colegas. Mis palabras se originan en mi observación de los datos en comparación con los de los países de nuestro entorno que consideramos relevantes. En base a ello, y de mi dilatada experiencia que hoy se premia con el honroso grado que me otorgáis, me atrevo a dar exhortaciones a mis

colegas de claustro pues considero que, aunque desagradable, es mi obligación.

El derrotismo es negativo para “quid agere”: pretender algo, tener un proyecto común de futuro. Más aún si no está justificado. Yo conmino a mis estimados colegas claustrales a evitar posiciones derrotistas; a evitar transmitir a nuestros estudiantes esa actitud.

Estimo que la razón principal del problema de la secesión que hoy nos aqueja está en el regeneracionismo. Se insiste continuamente en el cambio, en renunciar a nuestro pasado que se estima odioso. Así las cosas, no es de extrañar que cualquiera que pueda exhibir una mínima diferencia con la cultura común lo amplifique para escapar de ese legado aprendido y sentido como oprobioso.

Yo soy muy aficionado a la historia y recomiendo todos profundizar en ella. El gentilicio “español”, que no “hispano”, es, al decir de algunos, el modo en que los provenzales llamaban en su lengua a la gente de Barcelona.

España ha sido potencia mundial dominante durante más de un siglo y con su acción colonizadora ha configurado el mundo moderno. Ha llevado a sus colonias una cultura más humana, transportada ciertamente por su labor evangelizadora. Y ello sin

negar y deplorando los inevitables desmanes que cualquier obra civilizadora, de éxito o fracasada, lleva consigo. Pero hay que mirar el balance.

Incluso sobre la tan denostada Inquisición se ha formado un mito repleto de mentiras. Raramente en España, mucho menos que en el resto de Europa, hubo quemas de brujas y sí frecuentes condenas benignas bajo la sentencia de: “se cree bruja pero no lo es”. Miguel Servet, el oscense que descubrió la circulación pulmonar fue quemado en imagen por la Inquisición Española por su teología trinitaria que intentaba racionalizar el dogma, pero, por lo mismo, fue quemado en persona por Calvino en Ginebra. Hay que juzgar las cosas según la moral de su tiempo, no según la moral actual.

En realidad la colonización española de América, cuajada de intentos de crear allí la Ciudad de Dios tiene semejanzas sorprendentes con las prácticas comunistas. Las reducciones jesuitas del Paraguay no difieren gran cosa, en la práctica, de los koljoses soviéticos, salvo en que probablemente tuvieron mayor éxito económico.

Es verdad, no obstante, que este paternalismo antilibertario ha fracasado y que hoy es la economía de mercado la que marca la flecha del progreso. Nosotros la hemos adoptado con bastante éxito a lo largo de los últimos siglos, pero en nuestro corazón

colectivo quedan residuos de la anterior cultura. Es bueno reconocerlo, pero no con rechazo hacia nuestro pasado, porque es nuestro y porque está en la naturaleza humana pertenecer a una tribu. Pero la forma de esa tribu no está predeterminada: ¿el nacionalismo integrador estadounidense o el nacionalismo excluyente del Gran Ducado de Fenwick, que con su minúsculo ejercito armado al estilo del siglo XII, al mando del bizarro Primer Ministro (Peter Sellers) de la Gran Duquesa Gloriana XII (de nuevo Peter Sellers) invadió los EEUU en la famosa película “El rugido del ratón”? El tipo de tribu es esencial para determinar el bienestar del futuro.

Yo he marchado por el mundo, y he marchado mucho, con la cabeza bien alta respecto a mi naturaleza de español, aclarando los errores de quienes, muy ocasionalmente, me han mostrado prejuicios sobre España que no se corresponden a la realidad. Sin ignorar las diferencias, no me he sentido un ápice por debajo en ningún ambiente extranjero. Y hoy puedo afirmar con orgullo que soy respetado, como atestiguan mis premios internacionales y España es respetada en mi entorno como se merece. Y todo ello porque: *egi quonian quid agebam*, actué puesto que pretendía algo.

Ita dixi.

Antonio Luque López

Doctor Honoris Causa de la Universidad de Málaga