

Michael Ortiz – Discurso de investidura Doctor Honoris Causa, 5 de julio, 2019.

Excmo. Sr. Rector Magnífico, Excmas. e Ilmas autoridades, Miembros del Claustro Universitario, Señoras y Señores:

Sean mis primeras palabras de agradecimiento a la Universidad Politécnica de Madrid, y en particular a la Escuela de Industriales que ha propuesto el nombramiento, por el gran honor concedido al otorgarme el grado de Doctor Honoris Causa. Esta distinción me produce una enorme satisfacción personal ya que fue precisamente en la UPM donde cursé mis estudios de ingeniería. No es mi intención aburrirles con una relación detallada y pormenorizada de mi vida, obra y milagros al estilo de Plutarco o de la tradición hagiográfica. De ese capítulo ya ha dado cumplida cuenta mi gentil y muy admirado padrino, el Profesor Ignacio Romero, quien, en su *laudatio*, ha dado muestras de grandes dotes de oratoria panegírica. En su lugar, amparándome en mi trayectoria profesional un tanto desusada, con raíces españolas pero desarrollada en su práctica totalidad en los EEUU, me propongo hacer unas breves reflexiones y observaciones sobre los enormes contrastes que, en mi experiencia, existen entre los sistemas educativos y de investigación españoles y, por extensión, europeos, y el norteamericano. Ambos sistemas ostentan claras ventajas e inconvenientes, se basan en planteamientos y filosofías a veces enfrentadas y siempre debatibles. Es precisamente con este espíritu dialéctico que ofrezco estas reflexiones. Como dice el refranero: 'De la discusión nace la luz'.

Comienzo por los niveles de grado y máster. Ya a este nivel se aprecia el enorme contraste entre las tradiciones de gran ingeniero enciclopédico al estilo francés, por un lado, y el ingeniero utilitario al estilo anglosajón, por el otro. El modelo de gran ingeniero proyectista, con capacidad de proyectar tanto un puente de gran luz como una presa bóveda, o lo que le echaren, era el modelo dominante durante mis estudios de ingeniería en la Escuela de Caminos, Canales y Puertos allá por los años 70, siendo a la sazón directores de la escuela Juan Batanero y Enrique Balaguer. Se comprende dicha concepción dados los orígenes 'afrancesados' de la escuela que, como recordarán, se fundó en 1802 por el gran ingeniero militar Agustín de Betancourt,

quien tuvo como modelo la *École de Chaussées* francesa en la que había residido como pensionado. Esta concepción del ingeniero como profesional de élite, que perdura a pesar de los estragos de Bolonia en el sistema actual de *grandes écoles* franceses, daba forma al Plan de estudios de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos que yo conocí y que, hasta el curso 2009-2010, fue el plan de 1964-1975, modificado en parte en 1983. Para un alumno, como fue mi caso quizás un tanto especial, con vocación de investigador no es posible imaginar un plan de estudios mejor concebido y más formativo. El plan de estudios que cursé en la escuela era absolutamente espectacular, en especial, si lo comparamos, como haré a continuación, con los planes de estudios que se cursan en los EEUU y que conozco en detalle. En particular, dicho plan de estudios me puso en una situación de enorme ventaja cuando llegué a Berkeley para cursar estudios de doctorado y sentó las bases de toda mi posterior labor investigadora. Por todo ello, guardo con la escuela una enorme deuda de agradecimiento y conservo de ella un gratísimo recuerdo.

Hagamos memoria. El plan de 1964-1975 consistía en dos ciclos, el primero de ellos de dos años y de carácter selectivo. El primer año se podía cursar en facultades de ciencias, y yo lo hice en la de Zaragoza. Consistía en un año entero de matemáticas, física y química al más alto nivel, con docencia impartida por profesores de las áreas de conocimiento competentes. En matemáticas, se daban tanto asignaturas de álgebra como de cálculo, vuelvo a insistir, impartidas por matemáticos de carrera. El nivel era deslumbrante. En la clase de cálculo de primero me enteré de verdad, por primera vez, de lo que son los números reales, esa maravilla de abstracción matemática de la que solo el cerebro humano es capaz y que, según tendencias actuales de la antropología evolutiva, nos separa de los primates inferiores<sup>1</sup>. En álgebra nos adentramos a fondo en estructuras tan fundamentales como los grupos, los anillos, los campos y los espacios vectoriales, que a su vez permiten abordar, con pie firme, grandes áreas de las ciencias físicas. Huelga decir que el efecto de tales enseñanzas sobre mi joven e impresionable mente fue enormemente transformativo y determinante de toda mi evolución posterior. En los cursos segundo y tercero, el plan de estudios obsequiaba al alumno con cantidades ingentes de matemáticas que

---

<sup>1</sup> Helen de Cruz, "Towards a Darwinian approach to Mathematics," *Foundations of Science* (2006) **11**: 157–196

abarcaban áreas tales como la geometría, el análisis en variable compleja, las ecuaciones en derivadas parciales, el análisis tensorial, probabilidad y estadística y cálculo numérico, entre otras áreas. En el ámbito de la física y la mecánica, el plan de estudios continuaba con mecánica clásica, electromagnetismo, mecánica del sólido, resistencia de materiales, elasticidad y plasticidad, ciencia de los materiales, mecánica de los fluidos e hidráulica y termodinámica, entre otras disciplinas. Por si todo eso fuera poco, la formación enciclopédica del ingeniero de élite se completaba con cursos de otras áreas de conocimiento como la geología, la economía, la astronomía, el urbanismo, la ecología, el arte y la estética, la organización de proyectos y empresas, y otras. Si bien es cierto que en el último año había un cierto grado de especialización, ésta era mínima. Por ejemplo, aunque mi especialidad fue la de estructuras, ello no me eximió, afortunadamente, de tener que cursar materias de otras especialidades tales como la hidráulica, el medio ambiente, puertos y costas, geotecnia, maquinaria, transportes, y hasta inglés, por citar algunas de ellas. En fin, lo dicho, un plan de estudios absolutamente espectacular.

Comparemos dicho plan de estudios con los planes típicos de los EEUU. Para empezar, los programas de ingeniería en EEUU son de cuatro años. Dichos programas evolucionaron en la última parte del siglo XIX y a través del siglo XX en respuesta a poderosos condicionantes tecnológicos, sociales, militares e industriales. Desde un principio, se impuso el modelo anglosajón orientado a la formación de técnicos especializados a los que se daba una formación básica que permitiera un posterior aprendizaje ya en sus puestos de trabajo. Así, de entrada, los programas norteamericanos son bastante más cortos y de alcance mucho más limitado que los españoles y la mayoría de los europeos, al menos los europeos continentales. Aparte de esta concepción utilitaria de la ingeniería, la corta duración de los programas norteamericanos se debe también a necesidades de mercado. Así pues, el coste de una universidad privada en los EEUU, incluidas matrículas y manutención, es en la actualidad del orden de \$50K dólares anuales. Se comprende, por lo tanto, la resistencia generalizada del mercado a alargar la duración de los programas. Hay que recalcar que el coste de las universidades públicas, incluidas las de élite, como por ejemplo, la Universidad de California en Berkeley o la Universidad de Michigan en

Ann Arbor, es muy inferior, del orden de \$12K anuales en promedio, por lo que las universidades privadas norteamericanas se pueden considerar, y responden a una economía, de artículo de lujo. Hay que reseñar, en defensa de las universidades privadas norteamericanas, que, en general, ofrecen amplios programas de ayuda financiera a los alumnos, hasta el punto de que algunas universidades son '*need-blind*', esto es, admiten a los alumnos sin tener en cuenta su capacidad adquisitiva y la suplen en todos aquellos casos en los que es insuficiente. Otro factor, que hace la corta duración de los programas de grado norteamericanos si cabe aún más gravosa, es el desastroso nivel de la escuela secundaria que forma a los futuros universitarios. No es exagerado afirmar que los alumnos norteamericanos llegan a la universidad *in albis*. Ello obliga a que el primer año de universidad se desperdicie en clases de recuperación y que la duración hábil de los programas de grado quede así reducida a tres años. Dicha duración hábil queda aún más reducida al exigirse a los alumnos que sigan cursos 'electivos' de cultura general, tales como historia, literatura, filosofía, etc., que deberían haberse cursado, pero que no se cursaron, en la escuela secundaria. Por citar un caso que conozco bien, en Caltech, los tres años de especialización en Ingeniería Mecánica se reducen a un año de estática y dinámica, medio año de termodinámica, medio año de diseño, medio año de mecánica de los fluidos y medio año de mecánica de materiales. A la vista está que, en comparación con el plan de estudios que yo mismo cursé en la escuela, los planes de grado norteamericanos homólogos son enormemente inferiores en contenido, profundidad y alcance.

Cabe también reseñar otros aspectos de los programas de grado europeos y norteamericanos que llaman poderosamente la atención por la disparidad entre los mismos. Para empezar, los sistemas universitarios europeos son centralizados y están basados en el funcionariado. El plan de estudios se determina e impone desde el ministerio correspondiente. Es un hecho conocido en teoría económica y de ciencias políticas<sup>2</sup>, que todas las burocracias tienden a crecer, como la entropía, en particular las burocracias universitarias, lo que origina una tendencia al crecimiento del

---

<sup>2</sup>William Niskanen, 1971. *Bureaucracy and Representative Government*, Chicago: Aldine-Atherton.; Gordon Tullock, 1965. *The Politics of Bureaucracy*, Washington D.C.: Public Affairs Press.

profesorado y, por ende, del número de cursos impartidos y de la extensión de los planes de estudios. Ésto se suma a que el coste de las matrículas en las universidades europeas es mínimo, por lo cual los programas no están sujetos a presiones de mercado y la política de admisión de los alumnos responde a criterios puramente académicos. Por el contrario, el sistema universitario norteamericano es altamente descentralizado. Tanto es así que no existe en los EEUU un ministerio de educación al estilo europeo. En general, los programas de estudios los deciden las propias universidades. Si bien existen agencias de acreditación tales como ABET, dichas agencias son privadas, la acreditación es puramente voluntaria y muchas universidades prescinden de ella. Los exámenes de acceso a la universidad, como el SAT, son también potestativos y corren a cargo de agencias privadas como el *College Board*, que nada tienen que ver con el gobierno norteamericano.

Efectivamente, el carácter privado de muchas universidades norteamericanas, incluidas un gran número de universidades de élite, es quizás la diferencia más llamativa y determinante con respecto a las universidades europeas. En el curso 2017-18, el Centro Nacional de Estadística en la Educación (NCES) cifraba el número de universidades en los EEUU en 4.298, de las cuales 1.687 eran privadas<sup>3</sup>. Dichas universidades privadas no reciben parte alguna de su presupuesto directamente del estado, incluidos costes fijos, y, en particular, pueden ir a la quiebra en cualquier momento. Según *Education Dive*<sup>4</sup>, el número de universidades privadas norteamericanas que han quebrado desde el año 2016 asciende a 24, una cifra nada desdeñable. Al igual que en la empresa privada, el espectro de una quiebra, o de una simple consolidación de personal, es un acicate incomparable para el profesorado y un enorme estímulo a la productividad. En última instancia, la viabilidad y éxito de una universidad privada norteamericana depende fundamentalmente de su nivel de rendimiento y de su adaptación al mercado. La relación entre universidad y alumno es una relación empresa-cliente. Ello conlleva una serie de comportamientos cuyo origen no siempre se entiende bien fuera de los EEUU. Por ejemplo, las universidades privadas norteamericanas se esmeran enormemente por dar servicios a los alumnos,

---

<sup>3</sup> [https://nces.ed.gov/programs/digest/d18/tables/dt18\\_317.40.asp](https://nces.ed.gov/programs/digest/d18/tables/dt18_317.40.asp)

<sup>4</sup> <https://www.educationdive.com/news/how-many-colleges-and-universities-have-closed-since-2016/539379/>

tales como *mentoring*, *networking*, seguimiento académico, tutorías, actividades recreativas, apoyo psicológico, y otros, que constituyen, fundamentalmente, asistencia al cliente y que, desde luego, no existían aquí cuando yo era alumno de la escuela. Hay también que tener en cuenta que el *endowment*, o capital, de las universidades privadas, que se nutre fundamentalmente del mecenazgo, constituye una parte importante del presupuesto. Ello lleva a que dichas universidades se esfuercen por atraer y admitir, no a aquellos alumnos con el mejor historial académico o las mejores notas de entrada, sino a alumnos con dotes demostradas de liderazgo y quienes, por lo tanto, cabe esperar se conviertan en los líderes de la sociedad y los donantes estrella del futuro. Durante mis diez años en la Universidad de Brown, una universidad del prestigioso *Ivy League* norteamericano, tuve ocasión de formar parte del comité de admisión del departamento de ingeniería y observar dicha dinámica muy de cerca.

Cabe por lo tanto decir que los programas de grado europeos y norteamericanos son, en muchos sentidos, polos opuestos, óptimos locales estrictamente separados que responden a modelos y condicionantes radicalmente encontrados y que, por ende, ostentan ventajas e inconvenientes altamente complementarias. Yo, a título personal, puestos a elegir entre ambos modelos de carrera universitaria, me quedo siempre y sin lugar a dudas con mi querida Escuela de Caminos, Canales y Puertos.

Ahora bien, donde el sistema educativo de los EEUU toma, en mi opinión, una delantera imbatible es en sus programas de doctorado y en, particular, en sus programas de investigación científica. Recuerdo que cuando llegué a Berkeley en 1977 quedé inmediatamente y absolutamente deslumbrado por la investigación científica que allí se realizaba. Por aquel entonces, continuaba en España la llamada crisis del petróleo, que en España fue eterna, y escaseaban los puestos de trabajo. Así que tuve la enorme fortuna de conseguir una beca Fulbright y me fui a Berkeley a hacer un master de un año. Una vez allí, a la vista de las oportunidades de investigación que había, decidí quedarme y nunca me he arrepentido. El aparato científico de los EEUU es absolutamente espectacular y no tiene parangón ninguno a

nivel mundial. Me considero enormemente afortunado de haber tenido la oportunidad de integrarme en dicho estamento y desarrollar en él mi carrera investigadora.

Cabe, sin embargo, preguntarse a que estímulos y condicionantes responde tal supremacía, en particular su componente investigadora, y en que difieren, por ejemplo, con los de ámbito europeo. A mi modo de ver, la diferencia fundamental entre los dos sistemas estriba en que la investigación en los EEUU responde fundamentalmente a estímulos competitivos y presiones de libre mercado. En particular, las prioridades de investigación no se deciden de forma centralizada, como en el sistema europeo, sino que responden a mecanismos de competitividad y necesidades de innovación. Se podrían citar muchísimos ejemplos, pero, como también dice el refranero: 'De muestra basta un botón', o como decía Baltasar Gracián y Morales en su *Oráculo Manual y Arte de Prudencia*: 'Lo bueno, si breve, dos veces bueno; y aún lo malo, si poco, no tan malo'.

Me limitaré pues a referirme brevemente primero al enorme estímulo innovador que viene de la mano de la defensa. En los EEUU, la necesidad de mantener una capacidad defensiva capaz de disuadir a adversarios del nivel de la URSS y la República Popular China ha constituido tradicionalmente un poderoso estímulo para el desarrollo científico y de tecnología de punta. Está en la mente de todos el proyecto *Manhattan* y sus contribuciones a la tecnología nuclear, tanto militar como civil. Menos conocido es el hecho de que el proyecto *Apollo* fue de la mano, y sirvió de 'tapadera' para consumo público, del desarrollo de los misiles balísticos intercontinentales (ICBMs), una necesidad acuciante de la guerra fría en su primera época.<sup>5</sup> En particular, el programa espacial civil de la época, incluido el programa *Apollo*, sirvió de escaparate de la creciente tecnología ICBM con vistas a la disuasión de posibles adversarios. Me enorgullece reseñar, en este sentido, el papel fundamental que Caltech jugó a la hora de resolver uno de los problemas científicos más delicados del desarrollo de dicha tecnología, el de la entrada de los misiles en la atmósfera en régimen hipersónico<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> John M. Logsdon, "An Apollo Perspective," *Astronautics & Aeronautics*, December 1979, pp. 112-17.

<sup>6</sup> T. A. Heppenheimer, "Facing the Heat Barrier: A History of Hypersonics," *The NASA History Series*, National Aeronautics and Space Administration NASA History Division, Office of External Relations Washington, DC September 2007 NASA SP-2007-4232

Desde entonces, el programa espacial de los EEUU ha estado íntimamente ligado a su programa militar. Por ejemplo, el campo de la astrofísica en los EEUU, incluidos observatorios de radiación espacial tales como el observatorio Herschel, regentado por el *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) de Pasadena, California, y por Caltech, han tenido siempre una finalidad dual, dedicada a la ciencia fundamental, sí, pero también a la monitorización de los ensayos nucleares, de conformidad con los tratados de prohibición de tales ensayos (*Nuclear Test Ban Treaty*, 1963; *Comprehensive Nuclear-Test Ban Treaty*, 1996). En tiempos más recientes, es de todos conocido el caso del desarrollo del Internet, que tiene sus orígenes en 1973 en un proyecto de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa de los EEUU (*Defense Advanced Research Projects Agency*, DARPA) orientado a establecer protocolos de comunicación entre ordenadores<sup>7</sup>. No es exagerado decir que, desde su nacimiento en el ámbito de la defensa, el Internet ha cambiado el mundo en todos sus aspectos y sentado las bases de una revolución social y de los medios de comunicación que algunos comparan con la invención de la prensa de Johannes Gutenberg en 1450<sup>8</sup>.

Se puede decir, por lo tanto, que el estamento de defensa de los EEUU tiene una larga y distinguida tradición de apoyo a la investigación científica básica en todos sus aspectos, de la que yo mismo me he beneficiado a través de contratos de investigación con el ejército (*US Army Research Laboratory*, ARO), la marina (*US Office of Naval Research*, ONR), la fuerzas aéreas (*US Air Force Office of Scientific Research*, AFOSR), el departamento de energía (*US/DOE National Nuclear Security Administration*, NNSA), DARPA y otras agencias, a las que estoy inmensamente agradecido.

Las diferencias entre las filosofías relativas a la investigación y desarrollo tecnológico entre EEUU y Europa se hacen notar también de una manera llamativa en el sector privado. Quizás la principal característica de dicho sector en EEUU es que está orientado de forma clara y decidida hacia la innovación y la superioridad tecnológica. Según todos los indicadores, los EEUU innovan muchísimo más que el resto de los

---

<sup>7</sup> <https://www.internetsociety.org/internet/history-internet/brief-history-internet-related-networks>

<sup>8</sup> J. M. Norman, "From Gutenberg to the Internet", *History of Science*, 2005.



países industrializados y mantienen una delantera tecnológica holgada con respecto a ellos. Cabe preguntarse, ¿por qué son Amazon, Google, Facebook, Youtube, Apple iPhone, Twitter, fenómenos puramente americanos? No es esta una cuestión baladí. Las causas, mecanismos y estructuras de esta superioridad innovadora han sido estudiadas exhaustivamente por expertos en economía política y las teorías al respecto son fascinantes<sup>9</sup>. Existe en la actualidad un consenso generalizado de que, en un mundo interconectado tecnológicamente, el equilibrio de mercado en lo que se refiere al desarrollo de tecnología es asimétrico y se compone de dos puntos de equilibrio bien diferenciados representados por las economías de los EEUU y la europea. En el primer tipo de economía se prima la innovación, el emprendimiento y el riesgo, se tolera la desigualdad de ingresos como incentivo al éxito y a la productividad y se genera liderazgo tecnológico; el segundo tipo de economía, aún gozando de un alto grado de desarrollo e industrialización, se aprovecha de la innovación externa, ahorrándose así los gastos de investigación correspondientes, y se adoptan estructuras sociales más igualitarias de compensación donde prima la redistribución de la riqueza.

En EEUU, esta cultura de innovación y toma de riesgo se transmite directamente a las universidades y forma parte de sus mecanismos de compensación y promoción. El nexo de unión es especialmente claro y meridiano en las universidades privadas de élite, una parte importante de cuyo presupuesto proviene de los proyectos de investigación. El éxito, e incluso la supervivencia, de las universidades privadas depende directamente de su habilidad para competir por fondos de investigación. Ello prima la contratación y la promoción de profesorado emprendedor y competitivo. Las universidades simplemente no se pueden permitir el lujo de mantener profesorado no productivo, su propia supervivencia depende de ello. Puede también resultar llamativo que el sueldo de los profesores en las universidades privadas norteamericanas es estrictamente confidencial y se negocia con el director de departamento de manera individual. Por poner un ejemplo concreto, cuando era profesor en la Universidad de Brown tenía que aportar cuatro meses y medio al año

---

<sup>9</sup> D. Acemoglu, J. A. Robinson and T. Verdier, "Asymmetric Growth and Institutions in an Interdependent World," *Journal of Political Economy*, 2017, vol. 125, no. 5, 1245-1305.

de mi sueldo por medio de contratos y proyectos de investigación. Dicho de otra manera, si no traía nada de dinero de investigación, cobraba el 60% de mi sueldo anual. Además, mi carga docente se multiplicaba por tres. Huelga decir que este tipo de incentivos obraba milagros a la hora de avivar la imaginación científica y estimular la productividad del profesorado.

De estos comentarios se desprende que los sistemas universitarios y de investigación de EEUU y los europeos son dos puntos de equilibrio separados y estancos entre los cuales no hay transición continua posible. ¿Quiere esto decir que dichos sistemas no pueden aprender nada el uno del otro? No exactamente. Un ejemplo de aproximación entre los dos sistemas con el que estoy familiarizado, a través del Bonn *Research Chair* que ostento en la actualidad en la Universidad de Bonn, es el programa alemán de Universidades de Excelencia (*Excellenzinitiative*). El programa nació del trauma nacional que supuso en Alemania la aparición de los primeros rankings mundiales de universidades, en particular el ranking de Shanghái del 2003, en el que la primera universidad alemana fue la Universidad de Múnich con el número 48, un resultado francamente sonrojante. Para más INRI, de las diez primeras universidades, ocho fueron de los EEUU, y las dos restantes fueron Oxford y Cambridge en Inglaterra, también dentro del sistema anglosajón. Rankings posteriores afirmaron la mala situación de las universidades alemanas y el asunto se convirtió en un tema de debate a nivel nacional. Si se me permite la inmodestia, en el ranking de Shanghái del 2003, al que me he referido, Caltech quedó tercera en el mundo. Caltech también fue primera en el mundo en el *Times Higher Education* ranking de los años 2012-16. La *Excellenzinitiative* ha sido la respuesta alemana al reto planteado por los rankings mundiales de universidades. Al modo típico europeo, es un plan centralizado, desarrollado por el Consejo Alemán de la Ciencia (*Wissenschaftsrat*) y la Fundación Alemana para la Investigación (*Deutsche Forschungsgemeinschaft*, DFG). Sin embargo, la *Excellenzinitiative* reconoce que la única forma de promocionar la excelencia en la investigación es instituir un sistema en el que existan universidades de élite. En el ciclo actual, dichas universidades reciben ayudas, en su mayor parte del gobierno federal, por un valor de 2,700 millones de euros, lo cual supone un incremento importante de sus presupuestos de investigación. Por supuesto, el acceso

a la condición de Universidad de Élite (*Elite Universitaet*) está abierto a todas las universidades a través de una competición a nivel nacional. La institución de Universidades de Élite supone una ruptura significativa con la tradición estrictamente igualitaria de las universidades alemanas, en las que, tradicionalmente, ninguna de ellas podía estar por encima o por debajo de la media. Es una apuesta valiente, cuyos resultados no están todavía del todo claros (en el ranking de Shanghai del 2018 la primera universidad alemana es la de Heidelberg, con el número 47, un avance más bien modesto desde el 2003), pero demuestra una voluntad clara de un país europeo por agilizar y modernizar sus estructuras universitarias y, quizás, un posible ejemplo a seguir.

Y de esta forma concluyo ya mis reflexiones y me despido de Vds., agradeciéndoles su paciencia e indulgencia, con las estrofas inmortales del *Gaudeamus Igitur*:

Alma Mater floreat	Florezca la Universidad
quae nos educavit,	que nos ha educado
caros et conmiltones	y que a los queridos compañeros
dissitas in regiones	de regiones alejadas
sparsos congregavit	aquí nos ha congregado

He dicho.