

DISCURSO INGRESO ACADEMICO CORRESPONDIENTE

DR. ALEJANDRO PAZOS SIERRA (14 marzo 2024)

Presentación:

Excmo. Sr. Presidente de la RAMYCGA

Excelentísimas e Ilustrísimas autoridades académicas y sociales

Ilustrísimos académicos de la RAMYCGA

Queridos colegas, amigos, familiares y público asistente.

Es para mí un gran honor y motivo de enorme agradecimiento ser admitido como miembro correspondiente de la RAMYCGA. Muchas gracias a mis “padrinos” por proponerme y a la directiva y miembros de la RAMYCGA por aprobar la propuesta, en un alarde de innovación en una multiseccular institución que demuestra no tener miedo y toma la iniciativa en los nuevos tiempos que corren en cuanto a la labor de los médicos en el proceso asistencial



Real Academia de Medicina de Galicia

"Luz en el horizonte de la salud"

El Excmo. Sr. D. Francisco Martelo Villar, Presidente de la Real Academia, tiene el honor de invitarle a la sesión que se celebrará el jueves, 14 de marzo de 2024, a las 19:00 horas, en su sede de A Coruña (C/ Durán Loriga, nº 10-2º) para recibir, como Académico Correspondiente, al

DR. ALEJANDRO PAZOS SIERRA
Director del Departamento de Ciencias de la Computación
y Tecnologías de la Información de la UDC

Expondrá el trabajo titulado:
La utilización de la inteligencia artificial en medicina de las "7P"

Elogio a cargo del Ilmo. Sr. D. Jorge Teijeiro Vidal
Académico Numerario del "sillón" de Radiología

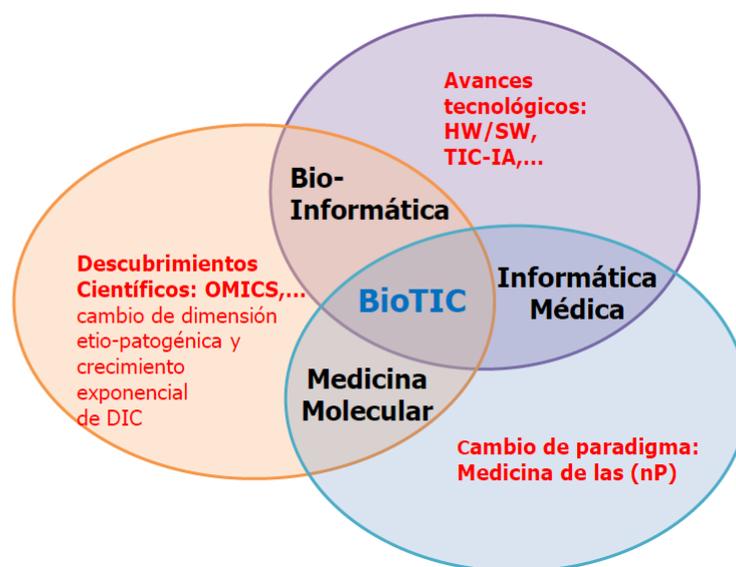
Académicos/as traje oscuro y medalla

S.R.C al 981.22.49.40

LA UTILIZACIÓN DE LA IA EN LA MEDICINA DE LAS nP

Introducción:

Cuando nos referimos a la atención a la salud somos conscientes de que nos encontramos ante un escenario muy complejo y cambiante.



Y la Inteligencia Artificial (en adelante IA) está llamada a tener un papel principal en todo este proceso por ser el motor impulsor de los nuevos avances tecnológicos que se van a poner en valor en los próximos años; por la gran influencia que va a tener en los descubrimientos científicos que se están generando, y en los que están por llegar; y por su influencia en el cambio de paradigma que se está produciendo en todas las fases del proceso asistencial, gracias a la multitud de aplicaciones de Inteligencia Artificial que se implementan cada día para dar satisfacción a todas las facetas de este nuevo paradigma asistencial identificado por sus características “Np”: Predictivo, Preventivo, Personalizado, Preciso, Participativo, Periférico o desubicado, Poliprofesional, Permanente,...

También se presentan, en el presente documento, algunas de las aplicaciones de IA desarrolladas para cada una de estas “Np” características, por el grupo de investigación RNASA-IMEDIR (Redes de Neuronas Artificiales y Sistemas Adaptativos - Informática Médica y Diagnóstico Radiológico) que he fundado en 1992.

Por último, también se destaca la necesidad de llevar a cabo un ambicioso programa de alfabetización y formación continuada de los profesionales de la atención para la salud, y un cambio drástico en la formación que reciben los estudiantes de Medicina en sus Facultades para poder ejercer adecuada y eficientemente su labor profesional adaptándose al nuevo paradigma asistencial “nP”

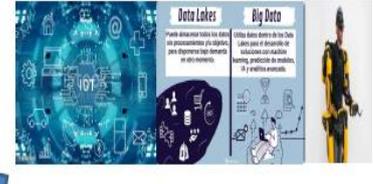
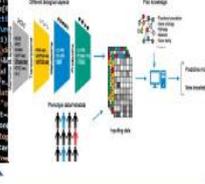
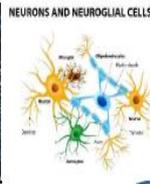
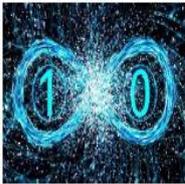
Los avances tecnológicos que definirán la próxima década

Avances tecnológicos que definirán la próxima década

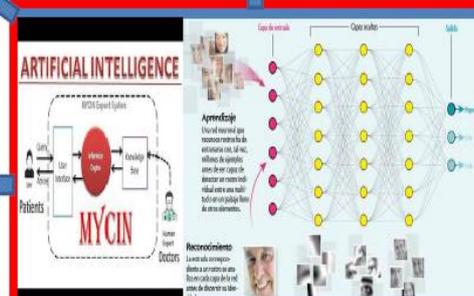
Nuevos paradigmas de IA:
RRNNGG, Cuántica, Nube, Borde...

Procesamiento Lenguaje Natural (LLM-ChatGPT, Gemini...). Chatbots y Reconocimiento Facial

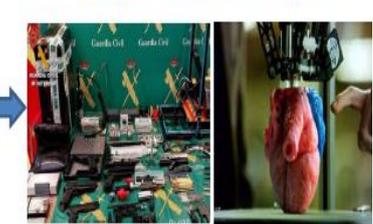
IoT, 5G, Big Data, Humanos aumentados, Computación en la nube y en el borde, ...



5G/nG, Plataformas Digitales, Ciberseguridad, Blockchain, ...



Impresión 3D/4D y fabricación aditiva. Nanotecnologías y NBIC.



Herramientas tecnológicas para Medicina nP: "Omics", Neuralink



Robots y Cobots: AVs, Robots quirúrgicos, ...



Realidades virtuales extendidas: Metaverso, Gemelos Digitales, ...



Todos sabemos de la dificultad de hacer predicciones, sobre todo en entornos tan cambiantes como es la tecnología, y somos conscientes de que la gran cantidad de avances tecnológicos que se han desarrollado en los últimos años, tanto en lo que se refiere a hardware como software, han incidido en la producción de una enorme cantidad de descubrimientos científicos, que ya han ocurrido o en ciernes de ocurrir, en gran parte como consecuencia de dichos avances tecnológicos. A continuación, se citan los que, hoy en día, se consideran más significativos:

- ✓ Los **"Data Lakes"** (que consisten en el almacenamiento de grandes cantidades de datos, sin procesamiento previo ni objetivo concreto, para disponer de ellos bajo demanda en el momento en que se precisen, ...); y el **"Big Data"** (refiriéndose al almacenamiento y gestión de grandes cantidades de datos para utilizar sobre ellos técnicas y procedimientos de computación y estadística avanzadas), permitiendo dar sentido, extraer conocimiento y trabajar con enormes flujos de DIC (Datos, Informaciones y Conocimientos) complejos incluso cuando son provenientes de diversas fuentes heterogéneas.
- ✓ Lo que se conoce como **Internet de las cosas (IoT)** se trata de una miríada de dispositivos "inteligentes", o no, conectados a Internet, que recopilan y transmiten datos de forma continua. Se presume que sus avances serán imprescindibles para el despliegue masivo de la Telemedicina.
- ✓ Los **Espacios o lugares inteligentes y seguros** gracias a tecnologías "Blockchain" o "cadena de bloques" y la IoT, se conforman como espacios físicos (hospitales, centros

de salud, hogares, oficinas e incluso ciudades enteras) cada vez más conectados e inteligentes y con conexiones seguras, tanto desde el punto de vista de la intrusión por accesos no autorizados como de la ausencia de fallos o “caídas” del sistema, que ha de estar operativo las 24 horas los 365 días del año.

- ✓ Los avances en las tecnologías portables y, o, integrables proporcionarán dispositivos que se pueden llevar a modo de pulsera, reloj, insertados en la ropa e incluso dentro del organismo, "**Wearables**" que fusionando humanos y tecnologías conforman los **humanos aumentados** o "**ciborgs transhumanos**" para mejorar el rendimiento o restituir alguna función perdida.
- ✓ También se está avanzando a pasos agigantados en la tecnología referente a las "**Realidades extendidas digitalmente**" como la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta, las cuales caminan hacia la creación de experiencias digitales cada vez más inmersivas como el **Metaverso**, los **Gemelos digitales**, etc. Todas ellas permiten mejorar el entrenamiento y la planificación quirúrgica, probar alteraciones y ajustes en tratamientos que serían demasiado costosos o arriesgados para probar en el ente físico real.
- ✓ La **Impresión 3D/4D** y la **Fabricación Aditiva** van a ser particularmente transformadoras, para satisfacer de manera realista las necesidades de los pacientes; sobre todo cuando se combine con tendencias como la **Personalización Masiva** (técnicas que permiten dar un trato personal a todos los individuos en un sistema universal, como es el de la salud en España) y los "**Micromomentos**" (técnicas que permiten dar satisfacción al usuario en el momento mismo en que le surge la necesidad, e incluso anticipándose a la misma).
- ✓ Desde la **Nanotecnología** y la **Ciencia de los Materiales** se proponen controlar la materia a escala "nano" (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro), lo cual está dando lugar a nuevos y emocionantes materiales como el grafeno, que permitirán fabricar prótesis más duraderas, más adaptativas, etc. La incorporación de "biomateriales" a la fabricación aditiva abrirá un mundo de posibilidades en el ámbito de la "Medicina reparadora sustitutiva" pudiendo imprimirse órganos, tejidos, ...
- ✓ Con una **Automatización robótica** de procesos estructurados y repetitivos, se podrá liberar de realizarlos a los humanos para que se concentren en trabajos más complejos y de mayor valor agregado. Los "**Cobots**" o robots colaborativos, tipo Davinci, cada día serán más inteligentes, aprendiendo a responder adaptándose a su entorno y a las experiencias previas. Los **UAVs**, son dispositivos autónomos, o con gestión remota, pudiendo trasladarse por vías aéreas, superficialmente o en flujos de líquidos como el sanguíneo o el linfático, desarrollándose en el ámbito clínico cápsulas con cámaras endoscópicas, intravasculares, ...
- ✓ Las **Tecnologías NBIC**, o tecnologías convergentes que usan conjuntamente Nanotecnologías, Biotecnologías, Tecnologías de la Información y Tecnologías del Conocimiento, darán lugar a grandes avances en la comprensión de la etiopatogenia de los procesos patológicos y su posterior solución. Un ejemplo muy reciente de avances en este ámbito es el dispositivo "**Neuralink**", presentado hace solo unas semanas por Elon Musk, consistente en un implante intracraneal que va unido y

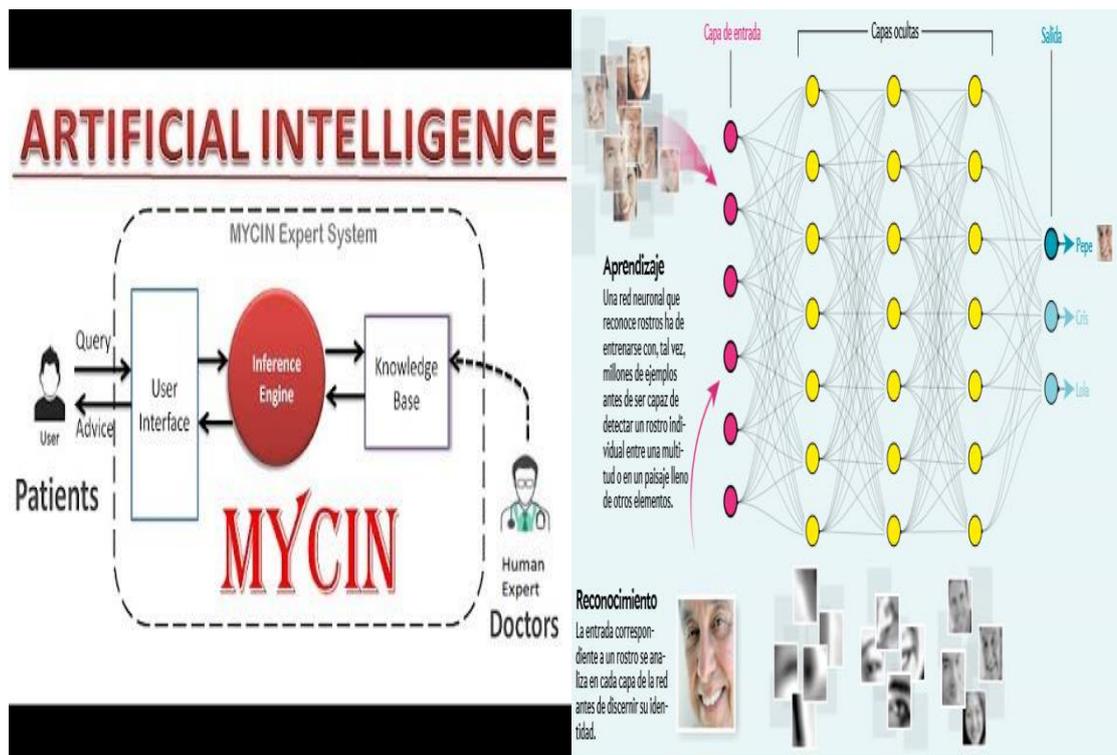
conectado directamente al cerebro pretendiendo controlar 'telepáticamente' distintos tipos de dispositivos tecnológicos como robots, computadores, ...

- ✓ Las redes inalámbricas **5G/nG** serán cada día más rápidas y estables, impulsando así avances en muchas otras tendencias, permitiendo más dispositivos conectados y un mayor control de los flujos de datos.
- ✓ Plataformas digitales como **Facebook, Whatsapp, Amazon, ...**) que facilitan las conexiones entre personas y dispositivos computacionales, están cambiando los modelos establecidos, lo que lleva a la necesidad de incorporar nuevos modelos de actuación basados en ellas, como esencia de la Cibernética planteada por Norbert Wiener en 1940, que la definía como *"la rama de la Ciencia de la comunicación en y entre los humanos y las máquinas"*.
- ✓ Los avances en **Ciberseguridad** resultan imprescindibles para afrontar las nuevas amenazas que vivimos cada día, en cuanto a la seguridad de nuestros datos. La capacidad de evitar y mitigar las amenazas de ciberseguridad es fundamental para el sector del cuidado de la salud por tratarse de datos que son de especial relevancia para el individuo y para las organizaciones, tanto para evitar el intrusismo en los mismos como su corrosión y, o, hurto.
- ✓ Una tecnología que está tomando mucha fuerza actualmente por permitir una computación muy rápida y potente es la **Computación Cuántica**. Esta tecnología, hasta ahora estaba restringida a los grandes laboratorios computacionales, pero actualmente ya se encuentra operativa en algunos centros de supercomputación como el CESGA (Centro de Supercomputación de Galicia); el BSB (Barcelona Supercomputing Center); ... y en algunas grandes empresas como IBM, Google, Telefónica, ...
- ✓ En la **"Computación en la Nube"** los datos viajan por la red para almacenarse y ser procesados en inmensas "granjas de computadoras", lo cual los hace vulnerables ya que se puedan ver, alterar o sustraer por entes no autorizados. En la **"Computación en el Borde"** los datos se procesan en dispositivos locales, las que viajan por la red son las aplicaciones, para realizar las operaciones computacionales a nivel local, lo que supone un incremento en la seguridad de los datos.
- ✓ Los avances tecnológicos en el ámbito de la **"Visión por computadora"** permitirán a la máquina interpretar visualmente el mundo que las rodea. El **"Reconocimiento Biométrico (Facial, Iris, ...)"** y el **"Tratamiento de la Imagen Médica"** son dos excelentes ejemplos. Cualquier interpretación de imagen es muy recomendable que se acompañe con **metadatos** para su correcta interpretación, sobre todo en entornos y tareas críticas, como es el caso de la imagen médica.



drástico en la forma en que los humanos interactúan con las máquinas. Se utiliza el razonamiento basado en casos (en el caso de aplicaciones como **Alexa, Siri,...**; o el aprendizaje automático en Modelos de Lenguaje Profundo “**LLM**” (acrónimo de Large Language Models) que incorporan módulos generativos predictivos o “Generative Predictive Transformers” , como es el caso de **ChatGPT, Gemini, LLaMA,...**

- ✓ La creciente capacidad de las máquinas para aprender y actuar de manera inteligente está transformando completamente nuestro mundo. La **Inteligencia artificial**, en sus dos ramas clásicas (Simbólica y Conexionista), aunque actualmente con mucha más intensidad la rama Conexionista, es la fuerza impulsora que está detrás de todos los avances tecnológicos que hemos revisado previamente.



Pero es necesario bajar un poco el “soufle” de la IA ya que la doctrina científica que tenemos actualmente para la implementación de sistemas inteligentes no parece suficiente para dar satisfacción a todas expectativas que se están creando, de forma interesada e incluso fraudulenta, acerca de las posibilidades que ofrece la IA para resolver nuestros problemas. Una posible vía para incrementar las capacidades computacionales de los sistemas inteligentes actuales podría ser incorporar nuevos elementos, además de las neuronas artificiales, al procesamiento de los DIC. Una idea que puede resultar útil en este punto es mirar de nuevo a la naturaleza para inspirarnos en la posible solución. Y, así, encontramos que una aproximación, las **Redes Neurogliales Artificiales**, pudieran resultar adecuadas, replicando artificialmente el papel de las células de la Glía que en las últimas décadas nos ha sorprendido con nuevas y muy variopintas actividades que interfieren directamente en el intercambio de información en la sinapsis inter-neuronal, como la amortiguación espacial del Potasio en el espacio peri-sináptico, la re-síntesis de neurotransmisores a nivel

sináptico como es el caso de la acetil-colina, ... Además, se ha comprobado que el sistema glial actúa en un orden de magnitud temporal mayor que las neuronas, lo que podría hacernos pensar que está relacionado con el proceso de información más reflexivo, dado que las células gliales son mucho más lentas que las neuronas y también requieren de estar más veces sometidas a los estímulos para que estos tengan efectos posteriores, temporales o permanentes, sobre ellas. Incorporando estos nuevos elementos del sistema glial a las redes de neuronas artificiales parece plausible ampliar la capacidad de los sistemas inteligentes actuales.

Proceso de Implementación de Sistemas Inteligentes Artificiales

Las fases que se han de llevar a cabo, y el orden adecuado de las mismas, son las que se exponen a continuación:

- Lo primero es que alguien tenga la **Idea previa**: A alguien se le tiene que ocurrir la idea de que algo puede llevarse a cabo en la realidad. Por ejemplo, han sido precursores los diseños de Leonardo Da Vinci para la aeronáutica, la imaginación de Julio Verne para la navegación subacuática o el viaje a la Luna, la fantasía literaria de Homero en la *Ilíada* para la IA
- Lo siguiente que se necesita es su **Definición**: Resulta imprescindible definir de forma precisa e inequívoca aquello que se quiere posteriormente implementar. La Inteligencia Artificial es la rama de la Ciencia que se encarga de estudiar e implementar artificialmente sistemas que tienen un comportamiento que si lo llevase a cabo un ser humano se diría que es inteligente, o sea, que son capaces de superar el "Test de Turing".
- Una vez perfectamente definido, se ha de llevar a cabo su **Formalización**: Para que la máquina pueda interpretar satisfactoriamente es necesario que se le transmita en un lenguaje formal.
- Por último, se ha de implementar la **Realización física** del sistema artificial inteligente que se pretende.

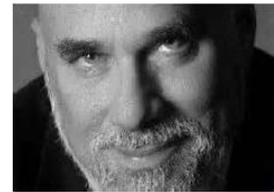
Características de los Sistemas Inteligentes

Cuando lo que se quiere implementar es demasiado complejo como para definirlo en su conjunto, como ocurre en el caso de la "Inteligencia", entonces podemos acudir, en una labor de análisis, a extraer sus características principales, intentando realizar la necesaria definición precisa e inequívoca de cada una de ellas para poder seguir avanzando en el proceso de formalización y posterior implementación. Una vez que se tienen la solución para cada una de las características, en una labor de síntesis, se procede a una integración de todas ellas, pretendiendo la solución global al problema a partir de las soluciones parciales alcanzadas para sus características principales.

Las características principales de los seres inteligentes son (Schank):

- ✓ Inferencia y Razonamiento
- ✓ Intencionalidad: planifican con fines y propósitos
- ✓ Creatividad y capacidad de innovación
- ✓ Conocimiento del entorno y curiosidad
- ✓ Conocimiento propio o propiocepción
- ✓ Capacidad de comunicación
- ✓ Indexación y capacidad de clasificación
- ✓ Aprendizaje
- ✓ ...Y, todo ello, con Sentido Común

Características de los seres inteligentes (Schank):



Indexación y clasificación



Aprendizaje



Inferencia y razonamiento



Capacidad de comunicación



...y con "sentido común"

Intencionalidad



Conocimiento propio



Conocimiento del entorno y curiosidad



Creatividad



Precursores históricos, biológicos y computacionales de la IA

La primera referencia escrita a la existencia de la posibilidad de que unos seres no biológicos pudiesen tener inteligencia se debe a Homero, en la *Ilíada* donde, en boca de Tetis la madre de Aquiles dios de la guerra, narra que las sirvientes de Hefestos, el dios de las forjas, eran de oro macizo y tenían inteligencia en su mente.

Dentro de los precursores biológicos se han de destacar, sobre todo, al premio nobel español, Santiago Ramón y Cajal, por su "Teoría de la Neurona", su "Teoría de Polarización Dinámica", sus trabajos sobre la glía y sobre todo lo relacionado con el estudio del sistema nervioso. También resulta muy destacable la aportación de Donald Hebb, con su propuesta de forma de adquisición del conocimiento a través de lo que se conoce como el "aprendizaje Hebbiano",

que es la base de todos los sistemas de aprendizaje automático que se han desarrollado hasta la fecha, residiendo el conocimiento adquirido en las conexiones entre los elementos de proceso.

Si nos referimos a los precursores computacionales, hemos de fijarnos especialmente en las aportaciones de Charles Babbage y Ada Lovelace, la primera mujer informática, con su máquina analítica a mediados del siglo XIX; en las de Alan Turing y John von Neumann, a mediados del siglo XX, respectivamente por su máquina de Turing y su arquitectura secuencial para hacer mucho más potentes los computadores; y en ambos científicos por sus trabajos teóricos considerando que sería posible construir inteligentes sistemas computacionales artificiales.

En 1956 se celebra, financiado por la Fundación Rockefeller con 13.500 dólares de la época, el "Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence" dónde, capitaneados por John McCarthy se le da nombre y se sientan las bases de lo que hoy se conoce como Inteligencia Artificial. Esta reunión se produce como continuación del First Hixon Symposium on "Cerebral Mechanisms and Behavior" celebrado en el Instituto Tecnológico de California (Cal-Tech) en 1948.



Técnicas de IA más utilizadas actualmente en el ámbito de la salud

Son múltiples las aplicaciones de IA que se están utilizando en el ámbito de la salud, tanto en investigación para generar nuevo conocimiento como en las propias tareas asistenciales. En este momento, las que están más en boga son las que incorporan capacidades de aprendizaje automático para tareas de clasificación, “clusterización”, predicción, identificación de estructuras anatómicas, ayuda a la toma de decisión, integración de datos, informaciones y conocimientos provenientes de fuentes heterogéneas, ...

Dentro de las aplicaciones más actuales se encuentran los ya citados LLM “Modelos de Lenguaje Profundo” que incorporan un módulo de aprendizaje automático profundo (Deep Learning - DL) como es el caso del “ChatGPT” y que pueden incluso incorporar imágenes y texto como el “Gemini”.

Cada día aumentan de forma incremental el número de aplicaciones desarrolladas con técnicas y métodos de IA para el ámbito asistencial, aunque el porcentaje de uso continuado de las mismas no pasa del 5%. En aplicaciones como el ChatGPT4, para una consulta médica, incluso se le puede preguntar al sistema por las limitaciones éticas del uso de estos modelos LLM en el ámbito de la especialidad en cuestión. Algunas de las posibles ventajas del uso de estas aplicaciones son su rapidez, que entiende cualquier idioma y que es capaz de explicar conceptos. Las limitaciones del uso de sistemas de este tipo se refieren sobre todo a los sesgos por la utilización de fuentes no contrastadas, la opacidad de las respuestas y la posibilidad de vulneración de la privacidad y seguridad de los DIC.

Las áreas terapéuticas que utilizan más aplicaciones en investigación y en el propio proceso asistencial son: Radiología, Oncología, Neurología, Cardiovascular, Inmunología, ... (PubMed 2013- 2023)



A pesar de todas las oportunidades que nos brinda la IA, es conveniente tener en cuenta que la IA no es más que una potente herramienta para incrementar nuestras capacidades intelectuales, pero en ningún caso se debe interpretar como el “Bálsamo de Fierabrás” que se

refiere en el Quijote como la pócima que todo lo cura. La IA no está en disposición de resolver todos los problemas que plantea la atención asistencial y, como ya se ha dicho, sería recomendable rebajar las expectativas que se están generando, porque al no verse cumplidas en toda su extensión se puede generar una profunda frustración y, como consecuencia posterior, un considerable futuro rechazo.

Descubrimientos Científicos

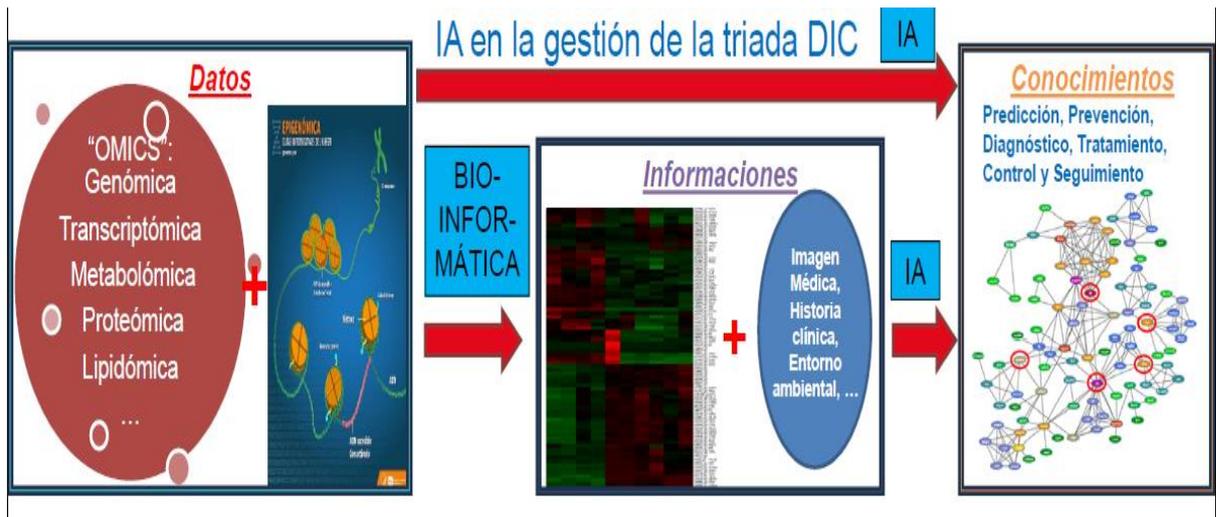
En los últimos años, en gran parte como consecuencia de los avances tecnológicos que se han producido, **la causa de los procesos patológicos, la etiopatogenia, está cambiando en cuanto a su dimensión.** Se ha pasado de un nivel sistémico a uno orgánico, luego a tisular, después celular y, últimamente, se ha llegado a un nivel molecular apuntando en algún caso al atómico.

Se ha pasado de una escala “macro” (con la causa de la enfermedad localizada a nivel de sistema o de órgano) a una escala “micro” (donde la causa de las enfermedades se encontraba en las células y en otras estructuras microscópicas) y, ahora, “nano” (con una explicación de la enfermedad a nivel molecular como es el caso de las proteínas).

Como consecuencia de esto, se ha producido un crecimiento exponencial de los DIC que hay que tener en cuenta para un eficiente proceso asistencial en el ámbito del cuidado de la salud.

Cuando se trata de actuar en problemas de **escenarios complejos, como es el del cuidado de la salud**, se hace imprescindible disponer de unas muy potentes herramientas de computo, entre las que destaca la IA, para una adecuada gestión de estos DIC, entendido el dato como el valor de una variable (por ejemplo, Tª corporal humana 42 °C); informaciones, entendidas como un dato o conjuntos de datos que tienen un significado (por ejemplo, Tª corporal humana 42 °C significa fiebre); y conocimientos, entendidos por el conjuntos de datos e informaciones que adquieren una característica de utilidad (por ejemplo, Tª corporal humana 42 °C, significa fiebre y es necesario administrar antipiréticos u otras medidas para bajar la temperatura, porque, en otro caso, se podrían producir alteraciones en el sistema neurológico con convulsiones o incluso el éxitus).

Así, será necesario manejar una ingente cantidad de datos, pero, además se da la circunstancia de que, en muchas ocasiones, **una cantidad excesiva de datos e informaciones provocan una disminución del conocimiento.** Y en IA lo que interesa es adquirir, generar y administrar sobre todo conocimientos.



Los principales obstáculos para la adecuada interpretación de los resultados bioinformáticos son debidos al muy complejo análisis e integración de los DIC multiómicos con otras fuentes de DIC (imagen, historia clínica, entorno...). A pesar de estos obstáculos, con herramientas de IA se pueden conseguir importantes resultados como el que muy recientemente hemos obtenido analizando los DIC con metodologías basadas en IA (ML o DL) y Bioestadística para el análisis de datos “ómicos”, a los que también se les han incorporado datos ambientales, para el procesamiento de secuencias biológicas que permitan ir, por ejemplo *“De los mecanismos moleculares del cáncer a las aplicaciones traslacionales, basado en análisis de fusión multiómica e inteligente”*

Cambio de paradigma: Medicina de las “nP”

Todo lo anteriormente citado en cuanto a los avances tecnológicos y descubrimientos científicos han conseguido que se haya producido también un cambio de paradigma en lo que se refiere a la atención a la salud, comenzando con la personalización (o mejor dicho de momento estratificación), de los tratamientos oncológicos con fármacos como el Herceptin; pasando a la Medicina Personalizada de Precisión proclamada por el Presidente Obama en su segundo mandato, para desarrollarse posteriormente en lo que se denominó “Medicina de la 4P” (Personalizada, Predictiva, Preventiva y Participativa) de Hood y Sunargi, entre otros muchos autores, la cual propone y hace vigente el viejo dicho de que **“es mejor prevenir que curar”**.

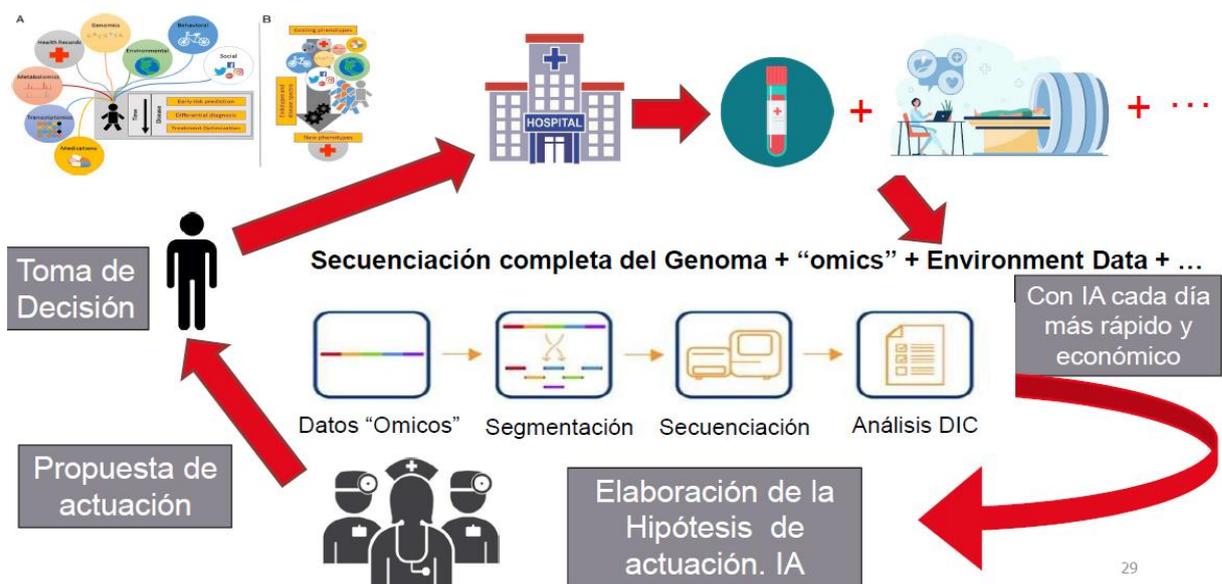
En los pasados años, esto ha ido evolucionando y ya se habla de una práctica asistencial a la que se le van incrementando “P” para referirse, en una atención a la salud de calidad, a sus características definitorias, hasta alcanzar lo que se conoce como medicina de las “nP”, pasando de una **Medicina Reactiva a una Medicina Preventiva**, en la que la potente herramienta que es la IA está llamada a tener un papel protagonista.

Así, a día de hoy, identificamos 8P, que muy probablemente se irán incrementando con el tiempo, como características necesarias para una adecuada atención para la salud:

- **Predictiva**, anticipando la evolución de procesos patológicos, de pandemias, ...

- **Preventiva/Poblacional** detectando precozmente las patologías mediante cribados, “lab-on-chip”, ...
- **Personalizada** en todo el proceso del cuidado de la salud, tanto para prevención como para diagnóstico, tratamiento, control y seguimiento, ...
- **Precisa**, sobre todo para evitar los efectos iatrogénicos gracias a la microcirugía, las tijeras genéticas CRISPR-Cas9, ...
- **Participativa**, con el paciente en el centro del proceso asistencial y simulación de consecuencias en la toma de decisión, ...
- **Periférica o desubicada**, para un adecuado control y seguimiento de pacientes en Unidades de cuidados intensivos (UCIs), en unidades de infecciosos de alto riesgo, en hospitalización domiciliaria, telemedicina, ...
- **Poliprofesional**, participando cada vez más profesionales de diferente formación en el proceso asistencial: farmacéuticos, biólogos, analistas de datos, físicos, ...
- **Permanente**, desde la concepción hasta el “exitus”, promoviendo los hábitos saludables (deporte, dietas, ...) y evitando los factores de riesgo para la salud, ...

En este nuevo paradigma “nP” se impone un nuevo esquema en el proceso de Toma de decisión asistencial.



29

Aplicaciones del Grupo RNASA-IMEDIR en la Medicina de las “nP”

En la **Predictiva** hemos realizado una aplicación para la predicción con Redes de Neuronas Artificiales Convolucionales Multiescalares del riesgo de padecer una enfermedad usando DIC “omicos” en Diagnóstico por Imagen. También hemos realizado la predicción, a unos días

vista, de la evolución de la pandemia en tiempo real, en cuanto al número de ingresos hospitalarios, ingresos en UCI, fallecimientos y altas, con datos reales del área de A Coruña-Cee para una adecuada gestión de la situación crítica que se padecía.

Para el aspecto **Preventivo**, se ha desarrollado una aplicación para la **gestión de personas con obesidad** en colaboración con personal de enfermería del SERGAS y otra para entrenar la adecuada **reacción ante caídas** de las personas mayores que viven solas.

En la **Personalizada** desarrollamos herramientas para una fácil predicción de estructuras moleculares "**MolStructPred**", de padecimiento futuro de enfermedades "**DiseasePred**" y de moléculas "diana" "**TargetPred**" frente a determinados fármacos. Y, también, desarrollamos dispositivos inteligentes como el "**e-Back**", que es un sistema portátil y no invasivo para la corrección postural de la columna vertebral, evitando patologías y dolor, tanto a nivel cervical como lumbar. Este último desarrollado con la financiación de la empresa Tecnofor (USA).

En la **Precisa**, implementamos la herramienta "**Hemotool**", en colaboración con el Área de Corazón del Complejo Universitario de A Coruña (CHUAC), se facilita que los cardiólogos puedan realizar una estimación, y un control cuantitativo, de la masa cardíaca afectada después de una obstrucción coronaria.

En la **Participativa** desarrollamos la herramienta "**Pacticum direct**", en colaboración con la Fundación Biomédica Galicia Sur y el Complejo **Hospitalario** Universitario de Pontevedra (CHOP), la cual permite hacer simulaciones de los resultados de la toma de decisión en situaciones de crisis.

Para la **Periférica o desubicada**, se consiguieron aplicaciones como "**Tele-ICU**", en colaboración con la UCI cardiológica del Hospital Álvaro Cunqueiro, que permite la monitorización semiautomática inteligente de pacientes en la UCI y la propuesta de cambios, por control remoto, en la dosificación que realizan las bombas de infusión

En ámbito **Poliprofesional** se han realizado, con grupos de la USC, actividades de **Reposicionamiento y Descubrimiento Temprano de nuevos fármacos y dianas moleculares** que puedan ayudar a reducir el tiempo para tratar las enfermedades. Requieren un enfoque multidisciplinar que incluya la Farmacología, la Química Computacional, la Biología de Sistemas, la Quimioinformática, la IA, ...

Para atención en salud **Permanente** se han llevado a cabo varios proyectos para la inclusión de personas con diversidad funcional y de personas mayores. También se desarrolló una aplicación para mejorar los registros de salud que controlen eficientemente a personas con diversidad funcional

- **Proyecto In-TIC:** "e-inclusión" de personas con diversidad funcional (ELA, Parálisis cerebral, ...)
- **Proyecto Geria-TIC:** "e-inclusión" en mayores para un envejecimiento Saludable/Activo
- **Cloud Patient Project:** para el estímulo y la mejora de la calidad de vida de personas con trastorno del Espectro Autista (TEA), ...

- **PHR 2.0/Bioss/iOSC3:** Mejora de los Registros de Salud Personales (PHR) utilizando ontologías y estándares.

Estos proyectos han sido realizados con la colaboración del CHUAC, ASPACE, ALDABA, DomusVi, ... La financiación ha provenido de la Xunta de Galicia, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, del CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación), de la UE y de la Fundación Orange.

Acciones a llevar a cabo para afrontar esta situación:

Por todas estas razones previamente expuestas, se hace imprescindible que se modifique la formación de los profesionales de la salud, **instruyendo a los profesionales que ya están ejerciendo con programas de formación continuada e incluyendo drásticos cambios en el programa formativo de las Facultades de Medicina y de todas las Ciencias de la Salud.**

En definitiva,
para poder
abordar esta
situación, ES
PRECISO...

¡DOTAR A LOS CLÍNICOS DE
COMPETENCIAS DIGITALES
Y HABILIDADES EN LA
MEDICINA DE LAS NP !

Por una parte, hay que superar la inercia de los profesionales para incorporarse a estas nuevas metodologías y paradigmas y, por otra, hay que introducir cambios profundos en los “currícula” de las Facultades de Medicina. Actualmente, se están formando muy bien a los futuros médicos, pero se están formando en la Medicina del siglo XX y ya llevamos 24 años en el siglo XXI. **Galicia, y Coruña en concreto, posee la capacidad de abordar muy satisfactoriamente este reto**, gracias a los prestigiosos profesionales de la atención a la salud de sus centros hospitalarios, a los extraordinarios grupos de investigación en informática biomédica, en “omics”, en Inteligencia Artificial, y en todas las competencias (éticas, de comunicación, normativas, ...) que necesita un profesional de la salud para ejercer

eficientemente en la Medicina del futuro, ya del presente. **Es imprescindible, diseñar nuevos “currícula” de los estudios conducentes a profesiones para el cuidado de la salud.**

Los Mecanismos para formar en las nuevas competencias (digitales, de comunicación, éticas, ...) a los profesionales de la salud se puede establecer en 3 niveles:

- **Alfabetización** digital y formación continuada de profesionales sanitarios
- **Dotar de Nuevas Competencias** en los estudios de grado y postgrado conducentes a profesiones sanitarias
- **Crear una Especialidad Médica** en Informática de la Salud

No se trata de explorar algo nuevo, sino de importar lo que ya llevan décadas haciendo los mejores centros internacionales de los países más avanzados, como es el caso de la Universidad de Harvard, de Stanford, ... Ya hace más de 60 años la National Academy of Sciences (USA) publicó un informe “El uso de los Computadores en Biología y Medicina”, dónde recomendaba incorporar a los “currícula” formativos de los Médicos formación en el uso de los computadores, entre otras cosas.

Para tareas de alfabetización en competencias digitales a los profesionales de la atención para la salud la **“American Medical Informatics Association”** (AMIA) propone, ya en 2010, los siguientes mecanismos:

- ✓ Adaptar los Currícula de Grados y Especialidades
- ✓ Educación “Online” (MOOC, Webinars, ...)
- ✓ Cursos de Post-grado (Universidades, Centros de Formación Superior, ...)
- ✓ Cursos Intensivos (ENS, Colegios Médicos, ...)
- ✓ Implicación en Proyectos (Ensayos clínicos, I+D+i, Transferencia tecnológica, ...)
- ✓ Participación en congresos, Jjrnadas, ... virtuales y Presenciales

Y, en 2011, consigue que en USA se cree una nueva subespecialidad médica con el título de “Clinical Informatics”.

En Alemania, en 2013, ya se había fijado unos objetivos de aprendizaje en informática médica para Graduados en Medicina

La *American Medical Association (AMA)* en su iniciativa **“Accelerating Change in Medical Education”** propone que en los “currícula” de los estudiantes de Medicina tiene que haber una especial atención a liderazgo, telemedicina, aspectos sociales, informática, educación interprofesional, ...

La universidad de Harvard, hace ya más de una década, ha introducido cursos obligatorios en la formación de los médicos

Aquí, en el CHUAC, colaborando el Departamento de Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información de la UDC, la Subdirección de Sistemas y Tecnologías de la Información (CIO)

del CHUAC y la Unidad de Docencia del CHUAC, hace ya unos años, hemos puesto en marcha un curso complementario obligatorio de formación para los Médicos Internos Residentes de 3º, en el Área sanitaria A Coruña y Ferrol, que lleva por título **“Competencias Digitales y su aplicación en el ámbito de la Salud”**

Ventajas e Inconvenientes de esta aproximación

Las ventajas superan con mucho a los posibles inconvenientes. La IA hay que verla como una potente herramienta que librerá a los profesionales de las tareas más tediosas, disponiendo de más tiempo para atender a los pacientes y ser mucho más eficientes en sus resultados. Esta herramienta no va a sustituir a los profesionales, pero los profesionales que la manejen sí que podrán sustituir a aquellos profesionales que le den la espalda. Los inconvenientes vienen de las inercias a los cambios, el miedo a la pérdida de los puestos de trabajo, y de la necesidad de una formación previa de profesionales y pacientes para adaptarse a la nueva situación

Esta situación plantea nuevos retos Formativos, Legales y Éticos que ya se están teniendo en cuenta por la Unión Europea, proponiendo un nuevo marco jurídico y legal en el que tendrán que aclararse temas relacionados con la responsabilidad civil y penal en caso de utilizar estas técnicas y procedimientos de IA en el proceso asistencial.

Retos formativos:

- Alfabetización en IA de la población general
- Formación específica profesionales de salud (grado y postgrado)

Retos Legales y Éticos:

- Utilización ética de la IA: que no vulnere los derechos humanos
- “Filosofía Open Science” o de Ciencia abierta, facilitando el acceso rápido a los resultados de investigación y su transferencia
- Un nuevo marco reglamentario para IA, como la carta de la UE de Derechos Digitales. De desarrollarlo se encargarán agencias como la recientemente creada en nuestra ciudad “Agencia Española de Supervisión de la Inteligencia Artificial” (AESIA), que velará por estos aspectos éticos y legales de la IA.

Conclusiones:

Los principales factores que marcan la asistencia clínica en la actualidad son:

- ✓ **Atender al cambio de escala etiopatogénica y la influencia de los factores ambientales.** Se produce una avalancha exponencial de DIC imposible de procesar sin la ayuda de técnicas avanzadas de computación como es la IA

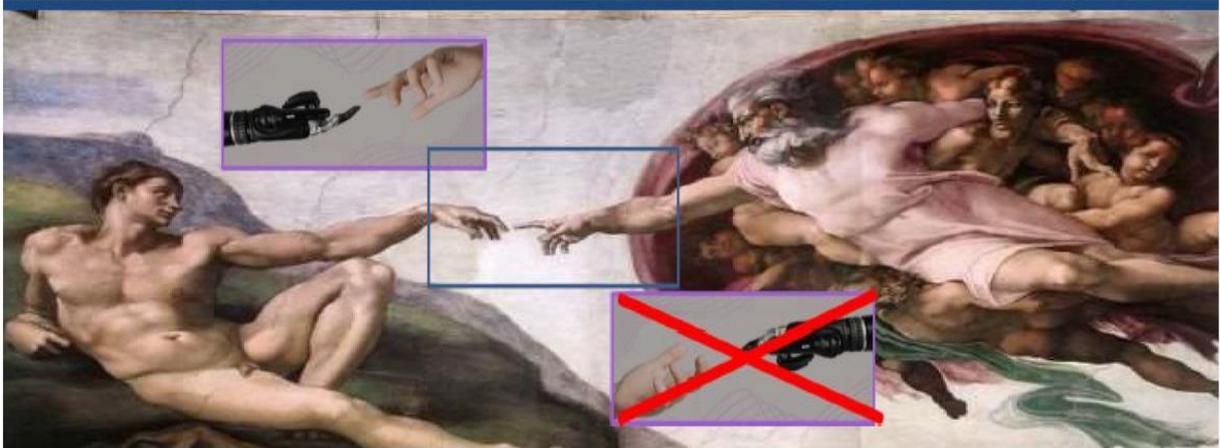
- ✓ **La informatización de los sistemas sanitarios** (historia clínica digital, receta electrónica, ...). El médico pasa una gran parte de su jornada laboral en tareas burocráticas, siendo preciso liberarle de la mayoría de ellas para que pueda centrarse en la atención clínica
- ✓ **Mejorar la seguridad** (privacidad, integridad y disponibilidad) **de los datos**
- ✓ **Actuar eficientemente ante amenazas a la salud pública** tipo Pandemias
- ✓ **Existe un nuevo perfil del ciudadano** que demanda servicios de **“Teleasistencia”**
- ✓ **Agilizar la transferencia de los resultados** de la investigación biomédica a la clínica y al cuidado de la salud
- ✓ **Necesidad de mejorar en general la calidad asistencial**
- ✓ **Incrementar la sostenibilidad de los servicios públicos de salud**



La sociedad actual **demanda nuevos servicios socio-sanitarios** que implican un cambio en el modelo asistencial actual para hacerlo de mayor calidad y sostenible. La tecnología Inteligente, sobre todo a través de **la IA, se apunta como una herramienta que podrá ayudar a lograr este necesario cambio**. Y, como decía la Reina Roja a Alicia en la novela de Lewis Carroll, *“aquí has de correr cuanto des de ti para permanecer en el mismo sitio, si quieres avanzar hacia algún lugar, has de correr el doble”*.

Es **imprescindible, diseñar nuevos “currícula” de los estudios conducentes a profesiones para el cuidado de la salud**. Se han de basar, sobre todo, en la adquisición de habilidades y en la vocación; y menos en el atesoramiento de DIC. Es preciso incorporar competencias digitales; conocimiento de “omics” y de la influencia ambiental en la etiopatogenia de las enfermedades (microbioma, situación socio-económica, ...); habilidades de comunicación empática; conocimiento de la legislación; ... Así, se conseguirá una actuación profesional de calidad, ética, atendiendo a la normativa y al coste-beneficio de las actuaciones, para hacer más

sostenibles los sistemas públicos de salud. Los sistemas inteligentes artificiales serán creados, metafóricamente, como en su día lo fue el ser humano por parte de Dios. El ser humano dotará a los seres artificiales, como Dios hizo con nosotros, de la capacidad para tomar sus propias decisiones. Y no viceversa.



Existe la imperiosa y urgente necesidad de formar en competencias digitales (sobre todo en IA) a los profesionales de la “Medicina nP”, como potentes herramientas para el adecuado ejercicio profesional.

Todo parece indicar que, si bien estas herramientas no desplazarán a los profesionales de la salud, los profesionales que las manejen adecuadamente desplazarán a quienes tengan carencias en su uso.

Muchas gracias por su atención y hago votos para que la Torre de Hércules, con su milenario faro, ilumine al SERGAS y al resto de las administraciones e Instituciones que pudieran estar involucradas en este proceso.



LAUDATIO POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

Jorge TEIJEIRO VIDAL

Académico Numerario del “sillón de Radiología”

Número 7 del Escalafón.

Ingreso: día 3 de diciembre de 1996

Deseo en primer lugar agradecer a la Junta de Gobierno que me haya designado para hacer la LAUDATIO del Académico correspondiente Dr. Alejandro Pazos Sierra a quien conozco y con quien he colaborado desde los inicios de la Universidad de La Coruña a principios de la década de 1990.

En la actualidad el nuevo Académico es Catedrático del Área de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial en la Universidad da Coruña. Desde 1999 hasta la actualidad.

Y Director del Departamento de Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información de desde 2004 hasta la actualidad.

¿Cómo empezó todo?

Alejandro Pazos Sierra, nace en Padrón en 1959 y es el menor de una familia de 14 hermanos.

“Los hijos pequeños de una familia numerosa en la que hay poca diferencia de edad de unos a otros, suelen ser más alegres y sociables, muy resueltos y son autónomos, suelen estar bastante estimulados tanto en el área del lenguaje como en el desarrollo motor, tienen ganas de aprender y hacer las cosas por si solos porque quieren parecerse a sus mayores”

Todo esto se ha cumplido con nuestro nuevo Académico y pasamos a exponerlo.

FORMACIÓN ACADÉMICA:

Licenciado en Medicina por la Universidad de Santiago de Compostela. 1987

Becario de IBM para realizar la tesis doctoral en Bioinformática en el laboratorio de Inteligencia Artificial de la UPM 1990-1991

Máster en Ingeniería del Conocimiento por la Universidad Politécnica de Madrid en 1991

Doctor en Ingeniería Informática por la UPM (Universidad Politécnica de Madrid). 1991

Doctor en Medicina por la UCM (Universidad Complutense de Madrid). 1996

FORMACIÓN CLÍNICA: - En el servicio de Ginecología y Obstetricia del Hospital Provincial de Santiago de Compostela. Fue becario 1985-87. Y Facultativo Médico 1987-90

FOMACIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN INFORMATICA APLICADA A LA SALUD.

Cofundador, Junto a los Drs Víctor Maojo y Fernando Martín, en 1987, del GIB (Grupo de Informática Biomédica) de la Universidad Politécnica de Madrid.

Investigador invitado en Instituto Tecnológico de Georgia (GaTech) 1991-92

Cofundador en 1992, junto con el Dr. Jorge Teijeiro, del grupo RNASA-IMEDIR (redes de Neuronas Artificiales y Sistemas Adaptativos - Informática Médica y Diagnóstico Radiológico). Reconocido como grupo consolidado de excelencia por la Xunta de Galicia.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE INFORMÁTICA de la salud. (SEIS)

La noche de San Juan de 1977 en Barcelona (durante la reunión INFORMED 77) se fundó la Sociedad Española de Informática Médica, que luego, con gran acierto pasaría a denominarse Sociedad Española de Informática de la Salud

En esta sociedad el nuevo académico ha realizado numerosas actividades:

Miembro del Comité Científico de desde 1990 hasta la actualidad.

Seleccionado de entre 1500 artículos en el MEDINFO 94 (mayor congreso mundial en Informática Médica). Ginebra 1994.

Concedida Mención de Honor dentro de los Premios Nacionales de Informática y Salud 2001. organizados por la SEIS (Sociedad Española de Informática de la Salud)

“Visualizador multiplataforma de estudios DICOM locales y remotos a través de TCP/IP”, dentro del apartado de Mejor Aportación presentada en las actividades de las SEIS durante los últimos 12 meses.

Premio Nacional de Informática y salud. 2015

PERFIL INVESTIGADOR:

- Ha dirigido y participado en más de 60 Proyectos de I+D+i con financiación autonómica, estatal e internacional obtenida en convocatorias competitivas. También están bajo su cargo en este tiempo más de 50 convenios y contratos con empresas y entidades públicas para acciones de transferencia tecnológica. En la actualidad están vigentes 10 de estas acciones. Tiene más de 25 patentes y registros de registros de Software.

- A lo largo de su carrera ha dirigido y/o tutelado 30 tesis doctorales. es autor de más de 150 artículos publicados en revistas internacionales de prestigio (JCR), más de 200 publicaciones entre libros y artículos de revistas, y más de 150 publicaciones en Congresos científicos, tanto nacionales como internacionales. Número de citas: 7570, índice h: 40 e índice i10: 119.

En los últimos 15 años ha realizado múltiples estancias y visitas de investigación en diversas Universidades y centros de investigación de reconocido prestigio internacional: Medical Informatics Lab. del Inst. Tecnológico de Georgia (USA), Harvard Medical School (USA), Norris Comprehensive Cancer Center de la University of Southern California, Stanford University, University of Tokio.

EXPERIENCIA DE GESTIÓN.

Es importante que el profesor e investigador desempeñe cargos de gestión, para conocer la situación y aportar soluciones.

En Investigación y Desarrollo Tecnológico e Innovación) tiene la siguiente experiencia:

En la Universidad de A Coruña.

- Director del Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la desde 2004 hasta 2018.

- Vicerrector de Investigación 2002 hasta 2004.

- Vicerrector Ordenación Académica 2000 hasta 2002.
- Vicerrector de Profesorado 1998 hasta 2000.
- Director de los SIAIN (Servicios Informáticos de Apoyo a la Investigación) de 1993 a 1994.
- Vicerrector Delegado del Rector en la Comisión Interuniversitaria de Galicia (CIUG) de 1994 a 1997.
- Director dos Servicios Informáticos de Apoyo a Investigación del Rectorado de 1993 a 1994.
- Responsable del diseño y puesta en marcha del "Proxecto de Anel de Supercomputación na Terminal da Coruña de 1992 a 1993.

También en la Universidad de A Coruña

- Miembro del (INIBIC) Instituto de Investigaciones Biomédicas de A Coruña) y miembro de su Comité Científico, desde su creación hasta la actualidad
- Miembro de (CITIC. Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), miembro de su Comité de Dirección, desde su creación hasta la fecha
- Miembro del Comité Científico del Biobanco del CHUAC (Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña) desde su constitución hasta la fecha.
- Miembro de Honor de la Escuela Superior de Ingeniería Informática de Galicia desde 2010
- Miembro de diversos consejos rectores: "Consello Rector da Fundación Universidade da Coruña" y del "Consello Rector do Instituto de Ciencias da Saude" desde 1998 y del "Consello Rector del Instituto de Medio Ambiente", desde 1999 hasta 2003

En la Xunta de Galicia:

- Responsable del Plan Gallego de IDT (Investigación y Desarrollo Tecnológico 1997 a 1998.
- Secretario de la CICETGA (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología de Galicia) y del Consejo Asesor de la IDT de Galicia, entre 1997 a 1998.
- Miembro del Consello Asesor del IGAPE (Instituto Galego de Promoción Económica). Consellería de Economía e Facenda da Xunta de Galicia, en 1997.
- Miembro de la Comisión de Política Científica de la Consellería de Educación en 1997.
- Miembro del Comité de dirección del proyecto RIS (Regional Innovation Strategy) de la Unión Europea "Estreia", en 1997.
- Representante en el Consejo General de la Ciencia y la Tecnología y Vocal de la Comisión de Selección de Política Científica 1997 y 1998.
- Miembro del Comité de Ética de la Investigación de Galicia entre 2012 y 2020

En el Ministerio de Defensa:

- Asesor del Ministerio de Defensa para la realización de "Estudios de Prospectiva Tecnológica".2010
- Distinguido con la Medalla al Mérito Naval con distintivo blanco, en 2016 por ser el responsable de formación de miembros de la Armada y otros ejércitos en Ciberseguridad y Tecnologías de la Información durante más de 15 años.

RECONOCIMIENTOS POR OTRAS INSTITUCIONES:

Miembro correspondiente de la Real Academia de Farmacia de Galicia desde 2018 hasta la actualidad Elegido "Gallego del Año", en 2015, por el grupo editorial del Correo Gallego Finalista del premio "Mejores Ideas de 2005" otorgado por el Diario Médico.

OTROS MÉRITOS

- Miembro de la Junta Directiva de la SITT (Sociedad Ibérica de Telesalud y Telemedicina) desde 2010 hasta la actualidad. Miembro fundador de la Sociedad Ibérica de Telemedicina y e-salud. SITT Como vicepresidente desde Febrero 2024.
- Asesor Científico-Técnico y miembro activo de múltiples Instituciones y Organismos Nacionales e Internacionales como: CICETGA (Comisión Interdisciplinar de Ciencia e Tecnoloxía de Galicia), CAIDT (Consejo Asesor de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Xunta de Galicia), AUIP, IGAPE, CESGA, CiUG.
- Miembro de las Comisiones de Seguimiento de los programas de Movilidad de Investigadores "TMR", Cooperación Internacional "INCO" y Telemática "TELEMATICS" de la Unión Europea. Entre 1.997 y 1998.
- Presidente del comité de redacción de la Revista Galega de Cooperación Científica Iberoamericana en 1997.
- Fundador y experto en Inteligencia Artificial y e-health de la Empresa IKERDATA SL. Desde 2021 hasta la fecha
- Director de la sede Regional de la AUIP (Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado) entre 1997 y 1998.

En el último año, referente en Inteligencia Artificial

- Co-redactor del Informe para la Fundación Instituto Roche "Anticipado APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MEDICINA PERSONALIZADA DE PRECISIÓN" presentado en Madrid el 14-Dic-2023

Por todos los méritos que hemos señalado, aparece un gran reconocimiento:

Reconocido en 2023, por su trayectoria científica, dentro del 2% de los científicos más influyentes del mundo, según el ranking elaborado por la Stanford University de California.

Saludamos y felicitamos a su Esposa Loli, y a sus hijos, que próximamente serán Médicos Carla por la New Vision University de Tbilisi (Georgia) y Alejandro por la Universidad de Medicina de Bialystok (Polonia).

Esperamos escuchar el discurso de ingreso sobre La utilización de la inteligencia artificial en Medicina de las 7P.