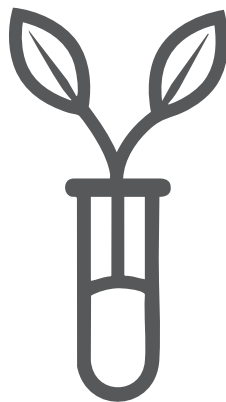


Evolució de la biotecnologia: passat, present i futur

Dra. Magda Marquet

*Lliçó inaugural del curs
acadèmic 2024-2025*

CAT · ENG · ESP · FRA



UNIVERSITAT
D'ANDORRA

TRADUCCIONS

Univers Bertrana amb assistència d'Olib.IA,
la intel·ligència artificial generativa de l'UdA

COORDINACIÓ EDITORIAL

Univers Bertrana / Universitat d'Andorra

DISSENY I COMPAGINACIÓ

Moles Disseny

IMPRESSIÓ

Impremta Envalira

DIPÒSIT LEGAL

AND. 27-2025

ISBN

978-99920-3-477-4

© Universitat d'Andorra, 2025



La científica andorrana Magda Marquet (1958) és doctora en Enginyeria bioquímica per l'INSA/Universitat de Tolosa, Occitània. La seva trajectòria ha estat vinculada al mundialment conegut ecosistema de San Diego, Califòrnia, en el sector de les ciències de la vida. Hi ha cofundat diverses companyies exitoses en l'àmbit de la biotecnologia, com Althea Technologies (adquirida per Ajinomoto) i AltheaDx (adquirida per Castle Bioscience). Actualment, és cofundadora d'ALMA Life Sciences, una firma inversora que impulsa empreses innovadores en salut, i també io9, una empresa dedicada a fer més accessible el tractament del càncer mitjançant la intel·ligència artificial. Ha rebut nombrosos reconeixements, com ara el premi Empresària de l'Any d'Ernst & Young o el premi Athena Pinnacle. A més, és membre de diversos consells d'administració, i cònsol honorària d'Andorra a Califòrnia.

Evolució de la biotecnologia: passat, present i futur



Estic profundament agraïda i és un gran honor per a mi rebre la Medalla de la Universitat d'Andorra i impartir la lliçó inaugural en la solemne cerimònia d'inauguració del curs acadèmic 2024-2025 a Andorra. Gràcies, rector Minoves, i gràcies també a tot l'equip universitari, per haver-me acollit tant calorosament.

Voldria felicitar tots els graduats i les seves famílies, que els han donat suport i ajudat durant els seus estudis. Avui és un dia molt especial en les vostres vides, un dia que celebra els vostres assoliments acadèmics i obre la porta a una nova etapa de la vida, en la que aplicareu allò que heu après per contribuir a la comunitat, oferint possibilitats i solucions al món.

Estem vivint en un moment extraordinari de la nostra història humana. Un temps ple de potencial, però també ple de reptes. Els canvis que estem experimentant són exponencials, cosa que la humanitat mai no havia afrontat abans. Els nostres cervells treballen de manera lineal, i quan tot canvia tan ràpidament, pot crear molta ansietat en moltes persones sobre el futur. També és un temps en què predir el futur no és fàcil. Igual que el món en què viviu és molt diferent del món dels vostres pares i avis quan tenien la vostra edat, el món dels vostres fills serà molt diferent del vostre.

Tot i això, aquests també són temps extraordinaris. Per viure en aquest món constantment canviant, haureu d'ajustar-vos sovint. De fet, amb els avenços tecnològics ràpids i els mercats laborals canviant, la vostra capacitat d'aprendre contínuament, desaprendre i adaptar-vos a nova informació, noves eines i nous entorns serà crucial. A més, en un món ple d'informació abundant i complexa, serà essencial analitzar, pensar creativament i prendre decisions informades per navegar per nous reptes i oportunitats.

Potser l'habilitat més important que haureu de desenvolupar és la vostra intel·ligència emocional: de fet, a mesura que l'automatització augmenta a tot el món, habilitats humanes úniques, com l'empatia, la comunicació i la col·laboració, esdevenen clau. Entendre i gestionar les emocions, tant les vostres com les dels altres, contribueix clarament a millorar les relacions i el treball en equip.

Finalment, per abraçar plenament les increïbles oportunitats i reptes del vostre temps, haureu de cultivar la curiositat i la imaginació. La invitació és realment

estar oberts a reinventar el futur sovint, simplement perquè tindreu el poder de fer-ho. És una mica intimidant, ho admeto, però també realment fascinant.

Avui, les famoses paraules d'Einstein són més aplicables que mai. *"Només hi ha dues maneres de viure la teva vida. Una és com si res fos un miracle. L'altra és com si tot fos un miracle"*. Abraceu la vida – abraceu el ball de la vida, completament, fins i tot si de vegades us mareja una mica. Aquesta és la meva veritable invitació.

Ara m'agradaria parlar una mica de la meva trajectòria i de la meva passió per la ciència mèdica, que em va portar a entrar en el camp de la biotecnologia, un clar exemple ara de tecnologia exponencial. La meva carrera en aquest sector va començar fa quaranta anys, quan la biotecnologia moderna era en la seva infància.

Vaig néixer a Canillo, a Cal Ton de Borró, el 1958, i quan vaig anar a escola, sempre vaig considerar seguir una carrera compatible amb l'economia del país. No obstant això, els esdeveniments de la meva joventut em van guiar cap a la ciència. Quan era jove, vaig perdre la meva mare després de la seva batalla contra el càncer. Recordo haver passat per una experiència molt dolorosa, però també recordo la meva decisió, en aquell moment precís, de dedicar-me a la investigació mèdica amb la intenció de marcar la diferència per als pacients. Seguir la meva vocació també significava considerar la possibilitat de trobar feina fora del meu país, una decisió difícil que els joves d'avui ja no han de prendre gràcies a la Universitat d'Andorra.

Vaig anar al liceu de Perpinyà, ja que no hi havia cap escola de batxillerat a Andorra en aquell moment. Va ser un gran sacrifici. Jo era la nena petita i mimada de la meva família, amb un germà i una germana més grans, i sincerament, estar internada al liceu i tornar a Andorra només cada tres mesos va ser una experiència brutal. Quina sort que això ja sigui història...

M'agradava la ciència, i així vaig estudiar microbiologia i vaig completar un doctorat en enginyeria bioquímica a l'INSA de Tolosa. Vaig tenir l'oportunitat d'entrar al CNRS o a l'INRA per fer recerca fonamental, però estava molt intrigada per la biotecnologia, que tot just començava en aquell moment. Vaig decidir treballar a Transgene, una empresa a Estrasburg, que era l'única d'aquesta mena a Europa als anys 80. Científics de tot el món hi treballaven, i això em va inspirar per explorar Califòrnia, ja que la indústria allà era molt més avançada. Amb el

meu marit, que estava acabant el seu doctorat a l'Institut Pasteur, vam fer les maletes i ens vam dirigir a San Diego, on no coneixíem ningú. Els meus col·legues em preguntaven si havia perdut el seny, però això no ens va impedir creuar l'Atlàntic...

He tingut la sort de ser testimoni de l'evolució d'aquest sector fascinant al llarg de la meua carrera, i crec que encara no hem vist res. Com va dir Craig Venter (que per cert va rebre el Premi Carlemany a Andorra), *"si el segle XX va ser el segle de la física, el segle XXI serà el segle de la biologia."*

La biotecnologia ha estat al capdavant de la innovació científica, impulsant avenços en àrees com la medicina, l'agricultura, la gestió industrial i ambiental. Definida com la manipulació d'organismes vius o sistemes biològics per desenvolupar productes i processos amb finalitats específiques, la biotecnologia transformarà nombrosos sectors en les pròximes dècades. Avui explorarem el futur de la biotecnologia i el seu potencial per modelar el món en els anys vinents.

Quan pensem en la biotecnologia, pensem que té uns cinquanta anys. En realitat, els primers experiments biotecnològics es van dur a terme a Mesopotàmia fa més de vuit mil anys, amb la producció de pa, vi i cervesa mitjançant la fermentació. En aquells dies, els humans utilitzaven processos biològics molt abans d'entendre els mecanismes moleculars.

Amb l'aparició de la biologia molecular al segle XX, es van desenvolupar tècniques com la tecnologia d'ADN, combinant l'edició de gens i la biologia sintètica. Aquests mètodes van permetre la manipulació precisa del material genètic, conduint a descobriments com la producció d'insulina amb bacteris modificats genèticament, organismes modificats genèticament en l'agricultura i teràpies gèniques per a malalties com la fibrosi quística.

Avui dia, la convergència d'una capacitat de computació inconcebible (com la Intel·ligència Artificial i l'aprenentatge automàtic) i els progressos en biologia ha establert les bases per a avenços transformadors inimaginables a finals de segle.

Un exemple d'això, que tots coneixeu bé, és el desenvolupament ultraràpid de les famoses vacunes d'ARNm contra la COVID-19. Com sabeu, el desenvolupament de vacunes tradicionals triga anys i sovint dècades, però amb la IA i la seqüenciació

genètica, aquestes vacunes es poden dissenyar i produir en mesos, accelerant les respostes a crisis sanitàries globals. Ara mateix, estic treballant en el desenvolupament i comercialització d'una vacuna contra la COVID basada en ARNm encara més segura, que indueix una immunitat de llarga durada i que acaba de ser aprovada per a la comercialització al Japó. Aquestes tecnologies innovadores d'ARNm s'apliquen, no només a les vacunes, sinó també a moltes indicacions terapèutiques.

Com serà, doncs, el futur amb aquestes tecnologies tan poderoses? Bé... només imagineu si poguéssim curar totes les malalties genètiques, tenir una medicina totalment personalitzada, produir carn sense animals, crear materials sostenibles a partir de microbis i combatre el canvi climàtic. El futur de la biotecnologia promet tot això. No es ciència-ficció sinó realitat!

Permeteu-me explicar algunes d'aquestes tecnologies tan potents. Comencem amb l'edició genètica, la tecnologia també anomenada CRISPR, que té el potencial de curar malalties genètiques. Penseu en el nostre ADN com un immens manual d'instruccions que diu al nostre cos com créixer, funcionar i mantenir-se sa. De vegades hi ha errors en aquest manual, que poden causar malalties genètiques com la fibrosi quística, la distròfia muscular o l'anèmia falciforme. Per corregir qualsevol error, els científics poden utilitzar ara CRISPR, una eina potent que actua com unes tisores moleculars. Pot trobar el punt exacte del nostre ADN on hi ha l'error, tallar-lo i, o bé arreglar-lo, o bé substituir-lo per la informació correcta. Ara podeu veure com aquesta tecnologia podria ajudar realment a curar malalties genètiques reparant les instruccions incorrectes a l'ADN, permetent que el cos funcioni amb normalitat novament. És com corregir un error en un document perquè tot es llegeixi perfectament. Actualment, CRISPR s'està utilitzant per combatre malalties com el càncer i l'anèmia falciforme, i fins i tot per cultivar conreus resistent a malalties.

Un altre exemple és la medicina personalitzada. Què és la medicina personalitzada? Cap ésser humà és exactament igual a un altre. Per què tothom hauria de rebre el mateix tractament? La medicina personalitzada adapta els tractaments segons la composició genètica, l'entorn i l'estil de vida del pacient. Imagini prendre un medicament dissenyat específicament per a la seva genètica. Això ja està passant en el tractament del càncer, i en el futur podria convertir-se en la norma per a moltes malalties. En una col·laboració recent amb la Universitat de

Califòrnia a San Diego, hem iniciat un projecte que combina IA i informació genètica per desenvolupar una eina de programari que informa sobre els millors tractaments terapèutics per a pacients amb càncers molt agressius.

El meu últim exemple serà sobre el canvi climàtic. La revolució biotecnològica ajuda a combatre el canvi climàtic utilitzant la biologia per crear solucions més netes i sostenibles. Per exemple, la biotecnologia pot crear plantes i microbis que capturin més carboni de l'atmosfera, produir combustibles ecològics a partir de cultius, i desenvolupar noves maneres de descompondre residus i contaminants. Essencialment, ofereix eines per reduir la nostra dependència dels combustibles fòssils, retallar emissions i millorar el medi ambient de maneres que els mètodes tradicionals no poden fer.

Steve Jobs va dir: "Les innovacions més grans del segle XXI estaran a la intersecció de la biologia i la tecnologia". Els exemples que acabo d'esmentar parlen amb eloqüència d'aquesta profecia. De fet, la convergència de la informàtica i la biologia ens porta cap a un futur on la biologia mateixa es torna programable. De la mateixa manera que la informàtica va revolucionar moltes indústries, la capacitat de "programar" els sistemes biològics —ja sigui per curar el cos, millorar la salut o resoldre problemes ambientals— promet canviar la manera com vivim. Aquest camp, sovint anomenat bioenginyeria o biotecnologia 2.0, té el potencial d'alliberar noves formes de tractaments mèdics, revolucionar l'agricultura i fins i tot estendre la longevitat humana.

Aquesta extraordinària convergència probablement definirà les pròximes dècades, ja que la potència computacional continuarà creixent exponencialment (algú ha parlat de computació quàntica?) i la investigació biològica esdevindrà cada vegada més impulsada per dades i tecnologies. La imaginació i la curiositat, sens dubte, marcaran el camí.

Amb aquests avenços sense precedents i fascinants també arriben preocupacions ètiques molt serioses. Com diu Spider-Man: "Un gran poder comporta una gran responsabilitat". Parlant seriosament, a mesura que la biotecnologia es fa més potent, els marcs normatius han d'avançar per garantir la seguretat d'aquestes tecnologies. Seran essencials les proves rigoroses, la supervisió i la cooperació internacional per evitar conseqüències no desitjades, especialment en l'edició genètica i la biologia sintètica.

La possibilitat d'utilitzar la biotecnologia per millorar les capacitats humanes (cognitives, físiques o emocionals) planteja preocupacions ètiques. Hauria la societat de permetre les modificacions genètiques amb finalitats de millora, o s'haurien de restringir només a usos terapèutics?

L'equitat i l'accessibilitat són molt importants, ja les biotecnologies avançades han de ser accessibles per a tothom, no només per a aquells amb recursos econòmics. A mesura que la biotecnologia revoluciona la salut, l'agricultura i la gestió ambiental, hi ha el risc d'agreujar les desigualtats globals. Garantir que els beneficis de la biotecnologia es distribueixin de manera equitativa serà un repte important.

Finalment, la percepció pública i l'educació són claus. La comprensió i acceptació pública de la biotecnologia són vitals per al seu èxit. L'educació i la comunicació transparent són necessàries per abordar les preocupacions sobre els OMG, l'edició genètica i la biologia sintètica, especialment en contextos on aquestes tecnologies poden generar por o sospita.

En conclusió, la biotecnologia té un potencial immens per al futur. Canviarà la manera com tractem malalties, produïm aliments, protegem el medi ambient, i fins i tot redefinirem els blocs de construcció de la vida. No obstant això, aquest poder comporta la responsabilitat d'utilitzar aquestes eines amb saviesa. Fomentant la innovació, la col·laboració i la supervisió ètica, podem garantir que el futur de la biotecnologia beneficiï a tota la humanitat, conduint-nos cap a un món més sostenible i equitatiu.

Evolution of Biotechnology: Past, Present and Future

ENG



I am deeply grateful and it is a great honour for me to receive the Medal of the University of Andorra and to deliver the inaugural lecture at the solemn inauguration ceremony of the academic year 2024-2025 in Andorra. Thank you, Rector Minoves, and also thank you to all the university staff, for welcoming me so warmly.

I would like to congratulate all the graduates and their families, who have supported and helped them during their studies. Today is a very special day in your lives, a day that celebrates your academic achievements and opens the door to a new stage in life, in which you will apply what you have learned to contribute to the community, offering opportunities and solutions to the world.

We are living in an extraordinary moment in our human history. A time full of potential, but also full of challenges. The changes we are experiencing are exponential, something humanity has never faced before. Our brains work in a linear way, and when everything changes so quickly, it can create a lot of anxiety in many people about the future. It is also a time when predicting the future is not easy. Just as the world you live in is very different from the world your parents and grandparents lived in when they were your age, the world of your children will be very different from yours.

That being said, these are also extraordinary times. To thrive in this ever-changing world, you will need to adapt frequently. In fact, with rapid technological advancements and evolving job markets, your ability to learn continuously, unlearn, and adapt to new information, tools, and environments will be crucial. Furthermore, in a world awash with abundant and complex information, it will be essential to analyse, think creatively, and make informed decisions to navigate new challenges and opportunities.

Perhaps the most important skill you will need to develop is your emotional intelligence: indeed, as automation increases worldwide, unique human skills like empathy, communication and collaboration become key. Understanding and managing emotions, both your own and those of others, clearly contributes to improving relationships and teamwork.

Finally, to fully embrace the incredible opportunities and challenges of your time, you will need to cultivate curiosity and imagination. The invitation is truly to be

open to reinventing the future often, simply because you will have the power to do so. It's a little daunting, I admit, but also truly fascinating.

Today, Einstein's famous words are more applicable than ever. *"There are only two ways to live your life. One is as though nothing is a miracle. The other is as though everything is a miracle."* Embrace life – embrace the dance of life, fully, even if it makes you dizzy sometimes. This is my true invitation.

I'd now like to talk a little about my career path and my passion for medicine, which led me to enter the field of biotechnology, a clear example nowadays of exponential technology. My career in this sector began forty years ago, when modern biotechnology was in its infancy.

I was born in Canillo, at Cal Ton de Borró, in 1958. When I went to school, I always considered pursuing a career compatible with the country's economy. However, events during my youth steered me towards science. When I was young, I lost my mother after her battle with cancer. I remember going through a very painful experience, but I also remember my decision at that precise moment to dedicate myself to medical research with the intention of making a difference for patients. Following my vocation also meant considering the possibility of finding work outside of my country – a difficult decision that young people today no longer have to make thanks to the University of Andorra.

I went to high school in Perpignan because there wasn't any high school in Andorra at that time. It was a huge sacrifice. I was the youngest and most spoiled child in my family, with an older brother and sister, and honestly, being a boarder at the *lycée* and only returning to Andorra every three months was a brutal experience. Thank goodness that's all history now...

I used to enjoy science, so I studied microbiology and completed a doctorate in biochemical engineering at INSA Toulouse. I had the opportunity to join CNRS or INRA for fundamental research, but I was very intrigued by biotechnology, which was just beginning at that time.

I decided to work at Transgene, a company in Strasbourg, which was the only one of its kind in Europe in the 80s. Scientists from all over the world worked there, and that inspired me to explore California, as the industry there was much more

advanced. With my husband, who was finishing his doctorate at the Pasteur Institute, we packed our bags and headed to San Diego, where we didn't know anyone. My colleagues wondered if I had lost my mind, but that didn't stop us from crossing the Atlantic...

I've been fortunate enough to witness the evolution of this fascinating sector throughout my career, and I believe we haven't seen anything yet. As Craig Venter (who incidentally received the Charlemagne Prize in Andorra) said, *"if the 20th century was the century of physics, the 21st century will be the century of biology."*

Biotechnology has been at the forefront of scientific innovation, driving advances in fields such as medicine, agriculture, industrial and environmental management. Defined as the manipulation of living organisms or biological systems to develop products and processes for specific purposes, biotechnology will transform numerous sectors in the coming decades. Today we will explore the future of biotechnology and its potential to shape the world in the years to come.

When we think of biotechnology, we think it's about fifty years old. In reality, the first biotechnological experiments were carried out in Mesopotamia over eight thousand years ago, with the production of bread, wine and beer through fermentation. Back then, humans used biological processes long before understanding molecular mechanisms.

With the advent of molecular biology in the 20th century, techniques such as DNA technology emerged, combining gene editing and synthetic biology. These methods allowed for precise manipulation of genetic material, leading to discoveries such as the production of insulin using genetically modified bacteria, genetically modified organisms in agriculture, and gene therapies for diseases such as cystic fibrosis.

Today, the convergence of inconceivable computing power (such as Artificial Intelligence and machine learning) with advancements in biology has laid the groundwork for unimaginable transformative breakthroughs by the end of the century.

An example of this, which you all know well, is the rapid development of the famous mRNA vaccines against COVID-19. As you know, the development of

traditional vaccines takes years and often decades, but with AI and genetic sequencing, these vaccines can be designed and produced in months, speeding up responses to global health crises. Right now, I am working on the development and marketing of an even safer COVID-based mRNA vaccine that induces long-lasting immunity and has just been approved for marketing in Japan. These innovative mRNA technologies are being applied not only to vaccines but also to many therapeutic indications.

So, what will the future be like with these powerful technologies? Well... just imagine if we could cure all genetic diseases, have completely personalized medicine, produce meat without animals, create sustainable materials from microbes, and combat climate change. The future of biotechnology promises all this. It's not science fiction but reality!

Let me explain some of these powerful technologies. Let's start with gene editing, also known as CRISPR technology, which has the potential to cure genetic diseases. Think of our DNA as a vast instruction manual that tells our body how to grow, function and stay healthy. Sometimes there are errors in this manual, which can cause genetic diseases such as cystic fibrosis, muscular dystrophy or sickle cell anemia. To correct any error, scientists can now use CRISPR, a powerful tool that acts like molecular scissors. It can find the exact point in our DNA where the error is, cut it out, and either repair it or replace it with the correct information. You can see how this technology could really help to cure genetic diseases by repairing the incorrect instructions in the DNA, allowing the body to function normally again. It's like correcting an error in a document so that everything reads perfectly. Currently, CRISPR is being used to combat diseases such as cancer and sickle cell anemia, and even to grow crops that are resistant to diseases.

Another example is personalized medicine. What is personalized medicine? No two humans are exactly alike. Why should everyone receive the same treatment? Personalized medicine tailors treatments based on a patient's genetic makeup, environment, and lifestyle. Imagine taking a drug designed specifically for your genetics. This is already happening in cancer treatment, and in the future it could become the norm for many diseases. In a recent collaboration with the University of California San Diego, we initiated a project that combines AI and genetic information to develop software that informs about the best therapeutic treatments for patients with very aggressive cancers.

My last example will be about climate change. The biotechnological revolution helps combat climate change by using biology to create cleaner and more sustainable solutions. For example, biotechnology can create plants and microbes that capture more carbon from the atmosphere, produce eco-friendly fuels from crops, and develop new ways to break down waste and pollutants. Essentially, it provides tools to reduce our dependence on fossil fuels, cut emissions, and improve the environment in ways that traditional methods cannot.

Steve Jobs said: *"The greatest innovations of the 21st century will be at the intersection of biology and technology"*. The examples I just mentioned eloquently speak to this prophecy. Indeed, the convergence of computer science and biology is leading us towards a future where biology itself becomes programmable. Just as computing revolutionized many industries, the ability to "program" biological systems - whether to heal the body, improve health or solve environmental problems - promises to change the way we live. This field, often called bioengineering or biotechnology 2.0, has the potential to unlock new forms of medical treatments, revolutionize agriculture and even extend human lifespan.

This extraordinary convergence will likely define the next few decades, as computational power continues to grow exponentially (has anyone mentioned quantum computing?), and biological research becomes increasingly driven by data and technology. Imagination and curiosity will undoubtedly pave the way forward.

With these unprecedented and fascinating advances also come very serious ethical concerns. As Spider-Man says: *"With great power comes great responsibility"*. Seriously, as biotechnology becomes more powerful, regulatory frameworks need to move forward to ensure the safety of these technologies. Rigorous testing, oversight, and international cooperation will be essential to avoid unintended consequences, especially in gene editing and synthetic biology.

The possibility of using biotechnology to enhance human capabilities (cognitive, physical or emotional) raises ethical concerns. Should society allow genetic modifications for enhancement purposes, or should they be restricted to therapeutic uses only?

Equity and access are very important, as advanced biotechnologies must be accessible to everyone, not just those with financial resources. As biotechnology revolutionises healthcare, agriculture, and environmental management, there is a risk of exacerbating global inequalities. Ensuring that the benefits of biotechnology are distributed equitably will be a significant challenge.

Finally, public perception and education are key. Public understanding and acceptance of biotechnology are vital for its success. Education and transparent communication are necessary to address concerns about GMOs, genetic editing, and synthetic biology, especially in contexts where these technologies may generate fear or suspicion.

In conclusion, biotechnology has immense potential for the future. It will change the way we treat diseases, produce food, protect the environment, and even redefine the building blocks of life. However, with this power comes the responsibility to use these tools wisely. By fostering innovation, collaboration and ethical oversight, we can ensure that the future of biotechnology benefits all of humanity, leading us towards a more sustainable and equitable world.

Evolución de la biotecnología: pasado, presente y futuro

ESP



Estoy profundamente agradecida y es un gran honor para mí recibir la Medalla de la Universidad de Andorra e impartir la lección inaugural en la solemne ceremonia de inauguración del curso académico 2024-2025 en Andorra. Gracias, rector Minoves, y gracias también a todo el equipo universitario, por haberme acogido tan cálidamente.

Quisiera felicitar a todos los graduados y a sus familias, quienes les han brindado apoyo y ayuda durante sus estudios. Hoy es un día muy especial en sus vidas, un día que celebra sus logros académicos y abre la puerta a una nueva etapa de la vida, en la que aplicarán lo que han aprendido para contribuir a la comunidad, ofreciendo posibilidades y soluciones al mundo.

Estamos viviendo en un momento extraordinario de nuestra historia humana. Un tiempo lleno de potencial, pero también lleno de retos. Los cambios que estamos experimentando son exponenciales, algo que la humanidad nunca había enfrentado antes. Nuestros cerebros funcionan de manera lineal, y cuando todo cambia tan rápidamente, puede crear mucha ansiedad en muchas personas sobre el futuro. También es un momento en el que predecir el futuro no es fácil. Así como el mundo en el que vivís es muy diferente al mundo de vuestros padres y abuelos cuando tenían vuestra edad, el mundo de vuestros hijos será muy diferente al vuestro.

Sin embargo, estos también son tiempos extraordinarios. Para vivir en este mundo constantemente cambiante, tendrán que ajustarse con frecuencia. De hecho, con los rápidos avances tecnológicos y los mercados laborales cambiantes, su capacidad de aprendizaje continuo, desaprendizaje y adaptación a nueva información, nuevas herramientas y nuevos entornos será crucial. Además, en un mundo lleno de información abundante y compleja, será esencial analizar, pensar creativamente y tomar decisiones informadas para navegar por nuevos desafíos y oportunidades.

Quizás la habilidad más importante que deberéis desarrollar sea vuestra inteligencia emocional: de hecho, a medida que la automatización aumenta en todo el mundo, habilidades humanas únicas, como la empatía, la comunicación y la colaboración, se vuelven clave. Entender y gestionar las emociones, tanto las vuestras como las de los demás, contribuye claramente a mejorar las relaciones y el trabajo en equipo.

Finalmente, para abrazar plenamente las increíbles oportunidades y desafíos de vuestro tiempo, tendréis que cultivar la curiosidad y la imaginación. La invitación es realmente estar abiertos a reinventar el futuro con frecuencia, simplemente porque tendréis el poder de hacerlo. Es un poco intimidante, lo admito, pero también realmente fascinante.

Hoy en día, las famosas palabras de Einstein son más aplicables que nunca. *"Solo hay dos maneras de vivir tu vida. Una es como si nada fuera un milagro. La otra es como si todo fuera un milagro"*. Abraza la vida – abraza el baile de la vida, completamente, incluso si a veces te mareas un poco. Esta es mi verdadera invitación.

Ahora me gustaría hablar un poco sobre mi trayectoria y mi pasión por la medicina, que me llevó a adentrarme en el campo de la biotecnología, un claro ejemplo ahora de tecnología exponencial. Mi carrera en este sector comenzó hace cuarenta años, cuando la biotecnología moderna estaba en su infancia.

Nací en Canillo, en Cal Ton de Borró, en 1958, y cuando fui a la escuela, siempre consideré seguir una carrera compatible con la economía del país. Sin embargo, los eventos de mi juventud me guiaron hacia la ciencia. Cuando era joven, perdí a mi madre después de su batalla contra el cáncer. Recuerdo haber pasado por una experiencia muy dolorosa, pero también recuerdo mi decisión, en ese momento preciso, de dedicarme a la investigación médica con la intención de marcar la diferencia para los pacientes. Seguir mi vocación también significaba considerar la posibilidad de encontrar trabajo fuera de mi país, una decisión difícil que los jóvenes de hoy en día ya no tienen que tomar gracias a la Universidad de Andorra.

Fui al *lycée* de Perpiñán, ya que no había ningún centro de bachillerato en Andorra en aquel momento. Fue un gran sacrificio. Yo era la niña pequeña y mimada de mi familia, con un hermano y una hermana mayores, y sinceramente, estar interna en el instituto y volver a Andorra solo cada tres meses fue una experiencia brutal. Qué suerte que eso ya sea historia...

Me gustaba la ciencia, así que estudié microbiología y completé un doctorado en ingeniería bioquímica en el INSA de Toulouse. Tuve la oportunidad de entrar en el CNRS o en el INRA para hacer investigación fundamental, pero me intrigaba mucho la biotecnología, que apenas comenzaba en ese momento. Decidí trabajar en Transgene, una empresa en Estrasburgo que era la única de este tipo en

Europa en los años 80. Científicos de todo el mundo trabajaban allí, y eso me inspiró a explorar California, ya que la industria allí estaba mucho más avanzada. Con mi marido, que estaba terminando su doctorado en el Instituto Pasteur, hicimos las maletas y nos dirigimos a San Diego, donde no conocíamos a nadie. Mis colegas me preguntaban si había perdido la cabeza, pero eso no nos impidió cruzar el Atlántico...

He tenido la suerte de ser testigo de la evolución de este sector fascinante a lo largo de mi carrera, y creo que todavía no hemos visto nada. Como dijo Craig Venter (que por cierto recibió el Premio Carlomagno en Andorra), *"si el siglo XX fue el siglo de la física, el siglo XXI será el siglo de la biología"*.

La biotecnología ha estado a la vanguardia de la innovación científica, impulsando avances en áreas como la medicina, la agricultura, la gestión industrial y ambiental. Definida como la manipulación de organismos vivos o sistemas biológicos para desarrollar productos y procesos con finalidades específicas, la biotecnología transformará numerosos sectores en las próximas décadas. Hoy exploraremos el futuro de la biotecnología y su potencial para modelar el mundo en los años venideros.

Cuando pensamos en biotecnología, pensamos que tiene unos cincuenta años. En realidad, los primeros experimentos biotecnológicos se llevaron a cabo en Mesopotamia hace más de ocho mil años, con la producción de pan, vino y cerveza mediante la fermentación. En aquellos días, los humanos utilizaban procesos biológicos mucho antes de entender los mecanismos moleculares.

Con la aparición de la biología molecular en el siglo XX, se desarrollaron técnicas como la tecnología del ADN, combinando la edición de genes y la biología sintética. Estos métodos permitieron la manipulación precisa del material genético, conduciendo a descubrimientos como la producción de insulina con bacterias genéticamente modificadas, organismos genéticamente modificados en la agricultura y terapias génicas para enfermedades como la fibrosis quística.

Hoy en día, la convergencia de una capacidad de computación inconcebible (como la Inteligencia Artificial y el aprendizaje automático) y los avances en biología han establecido las bases para avances transformadores inimaginables a finales de siglo.

Un ejemplo de esto, que todos conocéis bien, es el desarrollo ultra rápido de las famosas vacunas de ARN mensajero contra la COVID-19. Como sabéis, el desarrollo de vacunas tradicionales tarda años y a menudo décadas, pero con la IA y la secuenciación genética, estas vacunas se pueden diseñar y producir en meses, acelerando las respuestas a crisis sanitarias globales. Actualmente, estoy trabajando en el desarrollo y comercialización de una vacuna contra la COVID basada en ARN mensajero aún más segura, que induce una inmunidad de larga duración y que acaba de ser aprobada para su comercialización en Japón. Estas innovadoras tecnologías de ARN mensajero se aplican, no solo a las vacunas, sino también a muchas indicaciones terapéuticas.

¿Cómo será, pues, el futuro con estas tecnologías tan poderosas? Bueno... imaginad si pudiéramos curar todas las enfermedades genéticas, tener una medicina totalmente personalizada, producir carne sin animales, crear materiales sostenibles a partir de microbios y combatir el cambio climático. El futuro de la biotecnología promete todo esto. No es ciencia ficción sino realidad!

Permitidme explicar algunas de estas tecnologías tan poderosas. Comencemos con la edición genética, la tecnología también conocida como CRISPR, que tiene el potencial de curar enfermedades genéticas. Pensad en nuestro ADN como un inmenso manual de instrucciones que le dice a nuestro cuerpo cómo crecer, funcionar y mantenerse sano. A veces hay errores en este manual, que pueden causar enfermedades genéticas como la fibrosis quística, la distrofia muscular o la anemia falciforme. Para corregir cualquier error, los científicos pueden usar ahora CRISPR, una herramienta poderosa que actúa como unas tijeras moleculares. Puede encontrar el punto exacto de nuestro ADN donde está el error, cortarlo y, ya sea arreglarlo o reemplazarlo por la información correcta. Ahora podéis ver cómo esta tecnología podría ayudar realmente a curar enfermedades genéticas reparando las instrucciones incorrectas en el ADN, permitiendo que el cuerpo funcione normalmente nuevamente. Es como corregir un error en un documento para que todo se lea perfectamente. Actualmente, CRISPR se está utilizando para combatir enfermedades como el cáncer y la anemia falciforme, e incluso para realizar cultivos resistentes a enfermedades.

Otro ejemplo es la medicina personalizada. ¿Qué es la medicina personalizada? Ningún ser humano es exactamente igual a otro. ¿Por qué todos deberían recibir el mismo tratamiento? La medicina personalizada adapta los tratamientos

según la composición genética, el entorno y el estilo de vida del paciente. Imagine tomar un medicamento diseñado específicamente para su genética. Esto ya está sucediendo en el tratamiento del cáncer, y en el futuro podría convertirse en la norma para muchas enfermedades. En una colaboración reciente con la Universidad de California en San Diego, hemos iniciado un proyecto que combina IA e información genética para desarrollar una herramienta de software que informa sobre los mejores tratamientos terapéuticos para pacientes con cánceres muy agresivos.

Mi último ejemplo será sobre el cambio climático. La revolución biotecnológica ayuda a combatir el cambio climático utilizando la biología para crear soluciones más limpias y sostenibles. Por ejemplo, la biotecnología puede crear plantas y microbios que capturen más carbono de la atmósfera, producir combustibles ecológicos a partir de cultivos, y desarrollar nuevas formas de descomponer residuos y contaminantes. Esencialmente, ofrece herramientas para reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles, reducir emisiones y mejorar el medio ambiente de maneras que los métodos tradicionales no pueden.

Steve Jobs dijo: *"Las innovaciones más grandes del siglo XXI estarán en la intersección de la biología y la tecnología"*. Los ejemplos que acabo de mencionar hablan con elocuencia de esta profecía. De hecho, la convergencia de la informática y la biología nos lleva a un futuro donde la biología misma se vuelve programable. Del mismo modo que la informática revolucionó muchas industrias, la capacidad de "programar" los sistemas biológicos - ya sea para curar el cuerpo, mejorar la salud o resolver problemas ambientales - promete cambiar la forma en que vivimos. Este campo, a menudo llamado bioingeniería o biotecnología 2.0, tiene el potencial de liberar nuevas formas de tratamientos médicos, revolucionar la agricultura e incluso extender la longevidad humana.

Esta extraordinaria convergencia probablemente definirá las próximas décadas, dado que la potencia computacional continuará creciendo exponencialmente (¿alguien ha hablado de computación cuántica?) y la investigación biológica se volverá cada vez más impulsada por datos y tecnologías. La imaginación y la curiosidad, sin duda, marcarán el camino.

Con estos avances sin precedentes y fascinantes también llegan preocupaciones éticas muy serias. Como dice Spider-Man: *"Un gran poder conlleva una gran*

responsabilidad". Hablando en serio, a medida que la biotecnología se vuelve más poderosa, los marcos normativos deben avanzar para garantizar la seguridad de estas tecnologías. Las pruebas rigurosas, la supervisión y la cooperación internacional serán esenciales para evitar consecuencias no deseadas, especialmente en la edición genética y la biología sintética.

La posibilidad de utilizar la biotecnología para mejorar las capacidades humanas (cognitivas, físicas o emocionales) plantea preocupaciones éticas. ¿Debería permitir la sociedad las modificaciones genéticas con fines de mejora, o deberían restringirse solo a usos terapéuticos?

La equidad y la accesibilidad son muy importantes, ya que las biotecnologías avanzadas deben ser accesibles para todos, no solo para aquellos con recursos económicos. A medida que la biotecnología revoluciona la salud, la agricultura y la gestión ambiental, existe el riesgo de agravar las desigualdades globales. Garantizar que los beneficios de la biotecnología se distribuyan de manera equitativa será un gran desafío.

Finalmente, la percepción pública y la educación son claves. La comprensión y aceptación pública de la biotecnología son vitales para su éxito. La educación y la comunicación transparente son necesarias para abordar las preocupaciones sobre los OMG, la edición genética y la biología sintética, especialmente en contextos donde estas tecnologías pueden generar miedo o sospecha.

En conclusión, la biotecnología tiene un potencial inmenso para el futuro. Cambiará la forma en que tratamos enfermedades, producimos alimentos, protegemos el medio ambiente e incluso redefiniremos los bloques de construcción de la vida. Sin embargo, este poder conlleva la responsabilidad de utilizar estas herramientas con sabiduría. Fomentando la innovación, la colaboración y la supervisión ética, podemos asegurarnos de que el futuro de la biotecnología beneficie a toda la humanidad, conduciéndonos hacia un mundo más sostenible y equitativo.

Évolution de la biotechnologie: passé, présent et futur

FRA



Je suis profondément reconnaissante et c'est un grand honneur pour moi de recevoir la Médaille de l'Université d'Andorre et de donner le discours inaugural lors de la cérémonie solennelle d'ouverture de l'année académique 2024-2025 en Andorre. Merci, recteur Minoves, et merci aussi à toute l'équipe universitaire pour m'avoir accueillie si chaleureusement.

Je voudrais féliciter tous les diplômés et leurs familles, qui les ont soutenus et aidés pendant leurs études. Aujourd'hui est un jour très spécial dans vos vies, un jour qui célèbre vos réussites académiques et ouvre la porte à une nouvelle étape de votre vie, où vous appliquerez ce que vous avez appris pour contribuer à la communauté en offrant des possibilités et des solutions au monde.

Nous vivons une période extraordinaire de notre histoire humaine. Un temps plein de potentiel, mais aussi plein de défis. Les changements que nous expérimentons sont exponentiels, ce que l'humanité n'avait jamais affronté auparavant. Nos cerveaux fonctionnent de manière linéaire et lorsque tout change si rapidement, cela peut créer beaucoup d'anxiété chez de nombreuses personnes quant à l'avenir. C'est aussi une époque où prédire l'avenir n'est pas facile. Tout comme le monde dans lequel vous vivez est très différent du monde de vos parents et grands-parents à votre âge, le monde de vos enfants sera très différent du vôtre.

Cependant, ce sont aussi des temps extraordinaires. Pour vivre dans ce monde en constante évolution, vous devrez souvent vous adapter. En effet, avec les avancées technologiques rapides et les marchés du travail changeants, votre capacité à apprendre continuellement, à désapprendre et à vous adapter aux nouvelles informations, aux nouveaux outils et aux nouveaux environnements sera cruciale. De plus, dans un monde rempli d'informations abondantes et complexes, il sera essentiel d'analyser, de penser créativement et de prendre des décisions éclairées pour naviguer à travers de nouveaux défis et opportunités.

L'une des compétences les plus importantes à développer pourrait être votre intelligence émotionnelle : en effet, à mesure que l'automatisation augmente dans le monde entier, les compétences humaines uniques, telles que l'empathie, la communication et la collaboration, deviennent essentielles. Comprendre et gérer les émotions, tant les vôtres que celles des autres, contribue clairement à améliorer les relations et le travail d'équipe.

Finalement, pour embrasser pleinement les incroyables opportunités et défis de votre époque, vous devrez cultiver la curiosité et l'imagination. L'invitation est réellement d'être ouvert à réinventer le futur souvent, simplement parce que vous aurez le pouvoir de le faire. C'est un peu intimidant, je l'admets, mais aussi vraiment fascinant.

Aujourd'hui, les célèbres paroles d'Einstein sont plus applicables que jamais : *« Il n'y a que deux façons de vivre sa vie. L'une en faisant comme si rien n'était un miracle. L'autre en faisant comme si tout était un miracle »*. Accueillez la vie - accueillez la danse de la vie, entièrement, même si parfois elle vous fait tourner la tête un peu. Voici ma véritable invitation.

Maintenant, j'aimerais parler un peu de mon parcours et de ma passion pour la science médicale, qui m'a amené à entrer dans le domaine de la biotechnologie, un exemple clair aujourd'hui de technologie exponentielle. Ma carrière dans ce secteur a commencé il y a quarante ans, lorsque la biotechnologie moderne était en ses balbutiements.

Je suis né à Canillo, chez Cal Ton de Borró, en 1958. Lorsque j'allais à l'école, j'envisageais toujours une carrière compatible avec l'économie du pays. Cependant, les événements de ma jeunesse m'ont guidé vers la science. Quand j'étais jeune, j'ai perdu ma mère après son combat contre le cancer. Je me souviens avoir vécu une expérience très douloureuse, mais je me souviens aussi de ma décision, à ce moment précis, de me consacrer à la recherche médicale dans le but de faire la différence pour les patients. Suivre ma vocation signifiait également envisager la possibilité de trouver un emploi en dehors de mon pays, une décision difficile que les jeunes d'aujourd'hui n'ont plus à prendre grâce à l'Université d'Andorre.

Je suis allé au lycée de Perpignan car à l'époque il n'y avait aucun établissement où continuer les études secondaires en Andorre. Ce fut un grand sacrifice. J'étais la petite fille chouchoute de ma famille, avec un frère et une sœur plus âgés, et honnêtement, être interne au lycée et ne retourner en Andorre que tous les trois mois a été une expérience difficile. Quelle chance que ce soit désormais de l'histoire...

J'aimais la science, et c'est ainsi que j'ai étudié la microbiologie et complété un doctorat en génie biochimique à l'INSA de Toulouse. J'ai eu l'opportunité d'intégrer le CNRS ou l'INRA pour mener une recherche fondamentale, mais je m'intéressais

beaucoup à la biotechnologie qui était encore très nouvelle à l'époque. J'ai décidé de travailler chez Transgene, une entreprise basée à Strasbourg, qui était la seule de ce type en Europe dans les années 80. Des scientifiques du monde entier y travaillaient, et cela m'a inspiré à explorer la Californie car l'industrie était beaucoup plus avancée là-bas. Mon mari, qui terminait son doctorat à l'Institut Pasteur, a fait ses bagages avec moi pour nous rendre à San Diego, où nous ne connaissions personne. Mes collègues se demandaient si j'avais perdu la raison, mais cela ne nous a pas empêché de traverser l'Atlantique...

J'ai eu la chance d'assister à l'évolution de ce secteur fascinant tout au long de ma carrière, et je pense que nous n'avons encore rien vu. Comme l'a dit Craig Venter (qui a reçu le prix Charlemagne en Andorre), « si le XXe siècle a été le siècle de la physique, le XXIe siècle sera celui de la biologie ».

La biotechnologie a été à l'avant-garde de l'innovation scientifique, impulsant des avancées dans des domaines tels que la médecine, l'agriculture, la gestion industrielle et environnementale. Définie comme la manipulation d'organismes vivants ou de systèmes biologiques pour développer des produits et des processus à des fins spécifiques, la biotechnologie transformera de nombreux secteurs au cours des prochaines décennies. Aujourd'hui, nous allons explorer l'avenir de la biotechnologie et son potentiel pour façonner le monde dans les années à venir.

Quand nous pensons à la biotechnologies, nous pensons qu'elle a environ cinquante ans. En réalité, les premières expériences de biotechnologie ont été menées en Mésopotamie il y a plus de huit mille ans, avec la production de pain, de vin et de bière par fermentation. À cette époque, les humains utilisaient des processus biologiques bien avant de comprendre les mécanismes moléculaires.

Avec l'apparition de la biologie moléculaire au XXe siècle, des techniques telles que la technologie de l'ADN ont été développées, combinant l'édition de gènes et la biologie synthétique. Ces méthodes ont permis une manipulation précise du matériel génétique, conduisant à des découvertes telles que la production d'insuline avec des bactéries génétiquement modifiées, les organismes génétiquement modifiés dans l'agriculture et les thérapies géniques pour des maladies comme la fibrose kystique.

Aujourd'hui, la convergence d'une capacité de calcul inconcevable (comme l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique) et les progrès en biologie ont posé les bases pour des avancées transformatrices inimaginables à la fin du siècle.

Un exemple que vous connaissez tous bien est le développement ultra-rapide des célèbres vaccins ARNm contre la COVID-19. Comme vous le savez, le développement de vaccins traditionnels prend des années et souvent des décennies, mais avec l'IA et le séquençage génétique, ces vaccins peuvent être conçus et produits en quelques mois, accélérant les réponses aux crises sanitaires mondiales. Actuellement, je travaille sur le développement et la commercialisation d'un vaccin contre la COVID-19 à base d'ARNm encore plus sûr, qui induit une immunité de longue durée et qui vient d'être approuvé pour la mise sur le marché au Japon. Ces technologies innovantes d'ARNm s'appliquent non seulement aux vaccins, mais aussi à de nombreuses indications thérapeutiques.

Alors, comment sera l'avenir avec ces technologies si puissantes ? Eh bien... imaginez si nous pouvions guérir toutes les maladies génétiques, avoir une médecine totalement personnalisée, produire de la viande sans animaux, créer des matériaux durables à partir de microbes et lutter contre le changement climatique. L'avenir de la biotechnologie promet tout cela. Ce n'est pas de la science-fiction, mais de la réalité !

Permettez-moi d'expliquer certaines de ces technologies si puissantes. Commençons par l'édition génétique, la technologie également appelée CRISPR, qui a le potentiel de guérir des maladies génétiques. Pensez à notre ADN comme un immense manuel d'instructions qui dit à notre corps comment grandir, fonctionner et rester en bonne santé. Parfois, il y a des erreurs dans ce manuel, qui peuvent causer des maladies génétiques telles que la fibrose kystique, la dystrophie musculaire ou l'anémie falciforme. Pour corriger ces erreurs, les scientifiques peuvent désormais utiliser CRISPR, un outil puissant qui agit comme des ciseaux moléculaires. Il peut trouver le point exact de notre ADN où se trouve l'erreur, la couper et, soit la réparer, soit la remplacer par la bonne information. Vous voyez maintenant comment cette technologie pourrait vraiment aider à guérir les maladies génétiques en réparant les instructions incorrectes dans l'ADN, permettant ainsi au corps de fonctionner normalement à nouveau. C'est comme corriger une erreur dans un document pour que tout se lise parfaitement.

Actuellement, CRISPR est utilisé pour lutter contre des maladies telles que le cancer et l'anémie falciforme, et même pour faire des cultures résistantes aux maladies.

Un autre exemple est la médecine personnalisée. Qu'est-ce que la médecine personnalisée ? Aucun être humain n'est exactement égal à un autre. Pourquoi tout le monde devrait-il recevoir le même traitement ? La médecine personnalisée adapte les traitements en fonction de la composition génétique, de l'environnement et du mode de vie du patient. Imaginez prendre un médicament spécialement conçu pour votre génétique. Cela se produit déjà dans le traitement du cancer, et à l'avenir cela pourrait devenir la norme pour de nombreuses maladies. Dans une collaboration récente avec l'Université de Californie à San Diego, nous avons lancé un projet qui combine l'IA et les informations génétiques afin de développer un outil logiciel qui informe sur les meilleurs traitements thérapeutiques pour les patients atteints de cancers très agressifs.

Mon dernier exemple portera sur le changement climatique. La révolution biotechnologique aide à lutter contre le changement climatique en utilisant la biologie pour créer des solutions plus propres et durables. Par exemple, la biotechnologie peut créer des plantes et des microbes qui capturent davantage de carbone dans l'atmosphère, produire des biocarburants à partir de cultures, et développer de nouvelles méthodes pour décomposer les déchets et les polluants. Essentiellement, elle offre des outils pour réduire notre dépendance aux combustibles fossiles, réduire les émissions et améliorer l'environnement de manière que les méthodes traditionnelles ne peuvent pas le faire.

Steve Jobs a dit : « *Les innovations les plus importantes du XXI^e siècle se situeront à l'intersection de la biologie et de la technologie* ». Les exemples que je viens de citer parlent éloquentement de cette prophétie. En effet, la convergence de l'informatique et de la biologie nous conduit vers un futur où la biologie elle-même devient programmable. De la même façon que l'informatique a révolutionné de nombreux secteurs, la capacité à « programmer » les systèmes biologiques — que ce soit pour guérir le corps, améliorer la santé ou résoudre des problèmes environnementaux — promet de changer la manière dont nous vivons. Ce domaine, souvent appelé bio-ingénierie ou biotechnologie 2.0, a le potentiel de libérer de nouvelles formes de traitements médicaux, de révolutionner l'agriculture et même d'étendre la longévité humaine.

Cette extraordinaire convergence définira probablement les prochaines décennies, car la puissance de calcul continuera de croître exponentiellement (quelqu'un a-t-il parlé d'informatique quantique ?) et la recherche biologique deviendra de plus en plus impulsée par des données et des technologies. L'imagination et la curiosité marqueront certainement le chemin.

Avec ces avancées sans précédent et fascinantes viennent également de sérieuses inquiétudes éthiques. Comme le dit Spider-Man : « Un grand pouvoir implique de grandes responsabilités ». Sérieusement, à mesure que la biotechnologie devient plus puissante, les cadres réglementaires doivent évoluer pour garantir la sécurité de ces technologies. Des essais rigoureux, une surveillance et une coopération internationale seront essentiels afin d'éviter des conséquences indésirables, en particulier dans le domaine de l'édition génétique et de la biologie synthétique.

La possibilité d'utiliser la biotechnologie pour améliorer les capacités humaines (cognitives, physiques ou émotionnelles) soulève des inquiétudes éthiques. La société devrait-elle autoriser les modifications génétiques à des fins d'amélioration, ou devraient-elles être restreintes aux seules utilisations thérapeutiques ?

L'équité et l'accessibilité sont primordiales, car les biotechnologies avancées doivent être accessibles à tous, et non seulement aux personnes ayant des ressources financières. Puisque la biotechnologie révolutionne la santé, l'agriculture et la gestion environnementale, il existe un risque d'accentuer les inégalités mondiales. Garantir que les avantages de la biotechnologie soient distribués de manière équitable représentera un défi important.

Finalement, la perception publique et l'éducation sont essentielles. La compréhension et l'acceptation publiques de la biotechnologie sont vitales pour sa réussite. L'éducation et la communication transparente sont nécessaires pour aborder les préoccupations concernant les OGM, l'édition génétique et la biologie synthétique, notamment dans des contextes où ces technologies peuvent susciter la peur ou la méfiance.

Pour conclure, la biotechnologie a un potentiel immense pour l'avenir. Elle changera la façon dont nous traitons les maladies, produisons des aliments,

protégeons l'environnement et même redéfinirons les blocs de construction de la vie. Cependant, ce pouvoir implique la responsabilité d'utiliser ces outils avec sagesse. En favorisant l'innovation, la collaboration et la supervision éthique, nous pouvons garantir que l'avenir de la biotechnologie profite à toute l'humanité, nous conduisant vers un monde plus durable et équitable.



UNIVERSITAT
D'ANDORRA

la pública i de qualitat

Plaça de la Germandat, 7

AD600 Sant Julià de Lòria. Andorra

T. (+376) 743 000

euniversitaria@uda.ad

www.uda.ad



01-2025