

AVANCES EN BIOMEDICINA

1. Os medicamentos e a investigación médico-farmacéutica

1.1. Os medicamentos

Un **medicamento** é un preparado constituído por un ou varios fármacos mesturados con excipientes, destinado a previr, tratar, curar, aliviar ou diagnosticar as enfermidades.

- **Fármacos:** substancias químicas naturais ou sintéticas que teñen unha acción sobre o organismo. Actúan en doses moi pequenas e son os principios activos dos medicamentos.
- **Excipientes:** substancias inocuas cuxa función é facilitar a administración ou a estabilidade dos fármacos. Non exercen ningunha acción sobre o organismo, pero en ocasións poden dar lugar a reaccións adversas a algunhas persoas, como por exemplo a sacarosa (aos diabéticos) ou a lactosa (ás persoas con intolerancia severa). Por iso sempre se indica no prospecto que tipo de excipientes contén o medicamento e en que cantidade.

Chámanse **formas farmacéuticas** ou galénicas, ás diversas formas en que se poden presentar os medicamentos; as cales poden ser:

- **Sólidas:** comprimidos (tabletas aplanadas), pílulas (se son esféricas), cápsulas (se teñen unha cuberta externa) e granulados (se están en po). As tres primeiras formas denomínanse tamén de forma xeral "pastillas".
- **Semisólidas:** pomadas (preparados de consistencia untuosa para uso externo).
- **Líquidas:** xaropes (solucións orais), colirios (solucións para os ollos), locións (solucións para o pel ou o coiro cabeludo) e inxeccións (solucións parenterais).
- **Gasosas:** aerosois (o medicamento está disperso nun gas para inhalar).

A forma farmacéutica condiciona a vía de administración dos medicamentos . En ocasións un mesmo medicamento pode presentar varias formas farmacéuticas polo que dependendo da enfermidade ou órgano a tratar o médico escollerá a **vía de administración** que aporte o maior beneficio co menor trastorno para o paciente. As principais son:

- **Vía oral:** tómase pola boca e absórbese no tubo dixestivo. Por exemplo as pastillas, granulados e xaropes.
- **Vía rectal:** introdúcese no recto e absórbese pola mucosa intestinal. Por exemplo, os supositorios.
- **Vía parenteral:** adminístrase mediante inxeccións, que poden ser subcutáneas (debaixo da pel), intramusculares (no músculo, normalmente no glúteo) ou intravenosas (directamente nunha vea, normalmente do brazo).
- **Vía cutánea ou tópica:** esténdese na pel ou coiro cabeludo, co fin de exercer unha acción localizada.
- **Vía inhalatoria:** aspírase polas fosas nasais, como os aerosois.

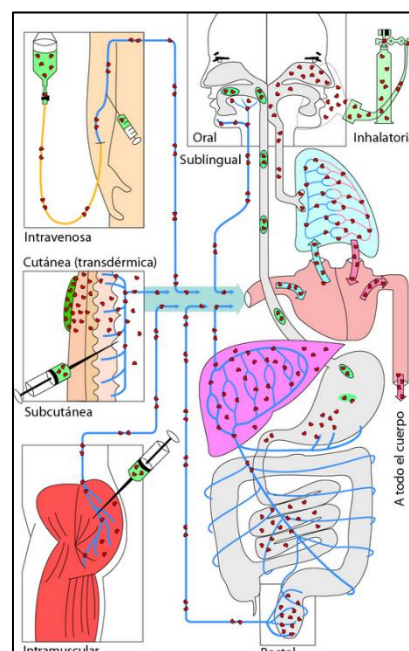


Ilustración 1. Vías de administración dos medicamentos

1.2 Uso responsable dos medicamentos

Os medicamentos deben tomarse nas doses establecidas para cada persoa para asegurar o efecto beneficioso do mesmo. Por debaixo da dose recomendada o medicamento non será efectivo, mentres que de superarse dita dose poden producirse reaccións adversas ou efectos negativos.

O **uso responsable dos medicamentos** implica que a dose, a forma de administración e a duración do tratamento se determinen tendo en conta o tipo de fármaco así como a idade, peso e sexo do paciente.

Para coñecer esta información os medicamentos van sempre acompañados dun **prospecto**, un documento coa información máis relevante para o consumidor na que destaca o seguinte:

- **Identificación do medicamento:** nome do medicamento, composición e forma farmacéutica.
- **Indicacións terapéuticas**
- **Informacións necesarias previas á toma do medicamento:** contraindicacións, precaucións, interaccións farmacolóxicas, advertencias especiais no caso de nenos, anciáns, mulleres xestantes ou lactantes, etc.
- **Instrucións de uso:** dose, frecuencia e vía de administración, duración do tratamento, medidas a tomar en caso de olvido de tomas ou de sobredose.
- **Descrición das reaccións adversas** que poidan observarse durante o uso normal do medicamento e, no seu caso, medidas que deban adoptarse.
- **Data de caducidade** e forma de conservación

Non obstante, en ocasións estas indicacións non se seguen e xorden **problemas derivados do mal uso dos medicamentos**:

- **Ineficacia do tratamento e problemas para saúde:** como as persoas reaccionan de forma diferente a un mesmo medicamento cando un paciente toma un medicamento sen seguir as indicacións prescritas ou se automedica, corre o risco de que o tratamento non sexa eficaz ou incluso que que provoque danos na súa saúde.
- **Aparición de bacterias resistentes aos antibióticos:** canto máis se emprega un antibiótico, maior é a probabilidade de que aparezan bacterias resistentes a el. Este proceso favorécese co mal uso dos antibióticos xa que a inadecuada exposición aos mesmos acelera a aparición de resistencias. Exemplos destas malas prácticas son o uso de antibióticos contra infeccións víricas (as bacterias do noso organismo entran en contacto co antibiótico de maneira innecesaria) ou non completar o tratamento antibiótico, provocando que a infección non se cure ben e as bacterias que sobrevivan se volvan resistentes.
- **Dependencia e tolerancia:** a dependencia prodúcese cando o organismo non pode funcionar correctamente sen a administración do medicamento e tolerancia cando se acostuma a el e perde a súa efectividade. Estes problemas son moi comúns cando se toman de forma incorrecta antidepresivos ou tranquilizantes.
- **Diminución da eficacia do fármaco:** cando a administración é incorrecta (a causa da dose, número de tomas ou interrupción do tratamento sen rematalo), non se consegue o efecto do medicamento.
- **Interaccións entre fármacos:** existen interaccións entre fármacos que provocan a inactivación dalgún deles ou reaccións non desexadas, polo que a súa toma conxunta pode provocar graves reaccións no organismo.

1.3 A investigación médico-farmacéutica

A investigación no ámbito da medicina e da farmacoloxía ten como finalidade perfeccionar e atopar novos tratamentos, técnicas, instrumentos ou medicamentos para tratar as enfermidades.

Un fármaco novo é produto da investigación durante moitos anos de traballo e esta pode desenvolverse en organismos públicos como hospitais, universidades e centros de investigación, ou ben en organismos privados como as grandes empresas farmacéuticas.

As multinacionais farmacéuticas dirixen as súas investigacións buscando os fármacos con máis posibilidades de comercialización e que reporten o maior beneficio económico posible. Ese é o motivo polo cal os estudos e as investigacións de tratamentos para as enfermidades raras e as propias de países en vías de desenvolvemento son tan escasos.

As fases de desenvolvemento dun fármaco son as seguintes:

- **Busca de principios activos:** a investigación comeza coa busca de principios activos na natureza ou a través da síntese química ou biotecnoloxía.
- **Fase de ensaios pre-clínicos** (experimentación básica): próbase a efectividade e seguridade do novo fármaco, primeiro mediante ensaios *in vitro*, empregando células humanas adecuadas para a experimentación, e despois *in vivo*, empregando animais de laboratorio. Esta fase pode durar varios anos.
- **Fase de ensaios clínicos:** próbase o novo fármaco en persoas co fin de determinar a súa seguridade, eficacia e dose óptima. Precísanse cantidades elevadas do fármaco, polo que é imprescindible desenvolver un proceso para obtelo a nivel industrial. Os resultados obtidos compáranse cos de outros fármacos e se proban diferentes formas farmacéuticas para a súa administración.
- **Fase de produción e comercialización:** se a investigación demostra que o novo fármaco é eficaz e seguro, as autoridades sanitarias aproban á súa produción industrial e comercialización. O fármaco será rexistrado pola compañía que o desenvolveu, a cal posúe a súa patente.

2. As técnicas de diagnóstico

O **diagnóstico** é procedemento polo cal se identifica unha enfermidade que padece o paciente. Para levalo a cabo o médico debe seguir unha serie de pasos:

- **Entrevista co paciente:** procura recoller a maior cantidade de información sobre os síntomas que presenta o paciente ou o seu historial médico.
- **Exploración física:** dependendo do tipo de doenza da que se sospeite pode consistir en observar o paciente, exploralo mediante o tacto, tomarlle a tensión, a temperatura ou auscultalo co fonendoscopio.
- **Exploracións complementarias:** en moitas ocasións abonda coa exploración física para emitir un diagnóstico pero noutros casos é necesario solicitar exploracións complementarias, para confirmar as sospeitas do médico. Algunhas das probas máis comúns son as análises de sangue, as análises xenéticas, as técnicas de rexistro da actividade eléctrica as técnicas de diagnóstico por imaxe ou as biopsias.

2.1. Análise de sangue

É unha das probas máis clásicas, empregadas no diagnóstico de moitas enfermidades e nos controis do estado da saúde. Trala extracción de sangue do paciente se realiza unha análise bioquímica dunha serie de parámetros como o recuento das células sanguíneas e a medición da concentración de substancias como a glicosa, o ácido úrico ou o colesterol. Os valores obtidos compáranse co valor de referencia de cada parámetro, de forma que se revelen posibles valores anómalos que poidan ser indicadores dun proceso patolóxico.

En ocasións é necesario solicitar a análise bioquímica de parámetros diferentes, como por exemplo a concentración dunha hormona determinada.

2.2. Análise xenética

Como cada vez se coñece mellor a relación entre a xenética e moitas enfermidades, a identificación dos xenes responsables permite realizar un diagnóstico preciso e prematuro antes de desenvolver os síntomas da enfermidade.

A partir dunha mostra biolóxica (sangue, saliva, pelo, etc.) pódense estudar os cromosomas e os xenes do paciente para detectar enfermidades xenéticas. Así, se se detectan alteracións na forma ou no número dos cromosomas se poden diagnosticar anomalías como a Síndrome de Down ou a predisposición a outras enfermidades hereditarias como Huntington.

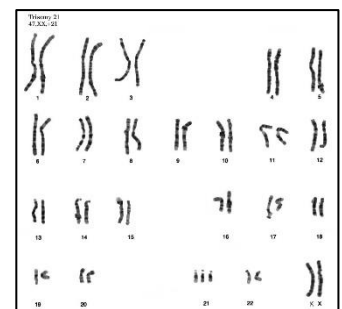


Ilustración 2. Análise xenética - Síndrome de Down

En ocasións estas probas poden realizarse durante o primeiro trimestre dun embarazo. Neste caso os médicos recomendan realizar a extracción de líquido amniótico (amniocentese) para analizar os cromosomas das células do feto ante a sospeita dunha anomalía cromosómica ou cando existen antecedentes familiares de algunha enfermidade de orixe xenética.

O estudo dun xene en concreto realízase cando se sospeita que o paciente é portador dunha mutación nese xene, a cal lle causa (ou pode chegar a causar) unha enfermidade.

2.3. Técnicas de rexistro da actividade eléctrica

Estas técnicas miden a actividade eléctrica de diferentes órganos co obxecto de avaliar o seu estado e funcionamento. Entre elas destacan:

- **Electrocardiograma:** rexistra a actividade eléctrica do corazón. Fíxanse uns eléctrodos con forma de parches no tórax, brazos e pernas, conectados a unha máquina que transforma os sinais eléctricos do músculo cardíaco en liñas que se van debuxando nunha tira de papel. Permite coñecer calquera dano no corazón.
- **Electroencefalograma:** rexistra a actividade eléctrica das neuronas cerebrais. Os eléctrodos fíxanse na cabeza e conéctanse a unha máquina que transforma os sinais eléctricos en liñas, as cales se poden observar nun monitor ou imprimirse nunha tira de papel. Permite comprobar a actividade cerebral nos casos de coma.



Ilustración 3. Electroencefalograma

- **Electromiograma:** rexistra a actividade eléctrica dos músculos e dos nervios que os controlan. Para realizalo débese introducir no músculo un eléctrodo en forma de agulla moi fina que transmite a actividade eléctrica muscular a un monitor. Permite detectar as lesións dos nervios musculares.

2.4. Técnicas de diagnóstico por imaxe

Permiten obter imaxes do interior do corpo. Algunhas empregan radiacións e outras ultrasóns ou gravan imaxes directas do interior.

- **Radiografía:** emprega raios X, os cales atravesan o corpo do paciente e impresionan unha placa fotográfica que se coloca detrás. Na radiografía os ósos, ao ser máis densos que os tecidos brandos, producen imaxes claras e nítidas, mentres que os órganos e tecidos brandos vense como sombras escuras. É unha das probas máis empregadas no diagnóstico de moitas doenzas ao ser doada de realizar, rápida e moi informativa. Aínda así, non é recomendable o seu abuso posto que a radiación en exceso é cancerixena; así mesmo non se recomenda nos nenos e nas mulleres embarazadas.



Ilustración 4. Radiografía

En ocasións realízanse **estudos de contraste**, que consisten en administrar ao paciente unha substancia, por vía oral ou intravenosa, que axude a revelar mellor nas radiografías as estruturas internas obxecto de estudo. Por exemplo, para o estudo do aparato dixestivo, é moi común recorrer ao tránsito gastrointestinal.

- **Tomografía axial computerizada (TAC ou escáner):** consiste en realizar moitas radiografías dunha parte concreta do corpo mediante un aparello de raios X rotatorio. Conéctase cun ordenador que combina as imaxes das radiografías e elabora cortes da zona obxecto de estudo, podendo observarse imaxes en 3D e en cor. Emprégase na detección de tumores, hemorraxias cerebrais, abscesos, etc. O inconveniente que presenta son as altas doses de radiación que emprega polo que o seu uso debe estar moi xustificado.
- **Resonancia magnética (RM):** Realízase cunha máquina que consta dun gran imán e emite ondas de radio potentes. Ten forma de tubo, de maneira que o paciente se coloca dentro e a máquina crea un campo magnético arredor del, ao mesmo tempo que emite as ondas de radio. Isto xera a produción de fotóns de luz a partir dos órganos obxecto de estudo, que son detectados pola máquina. Finalmente un ordenador crea imaxes a partir da impresión destes fotóns. Esta técnica emprégase par detectar tumores, ver a estrutura e actividade dos órganos, etc. A vantaxe fronte ao TAC é que non emprega radiación, e polo tanto non presenta risco.
- **Gammagrafía ou Medicina nuclear:** consiste en introducir substancias marcadas radioactivamente (contrastes) a través dos vasos sanguíneos, para estudar o funcionamento dun órgano determinado. Os contrastes emiten raios gamma que son detectados por unha detector especial.

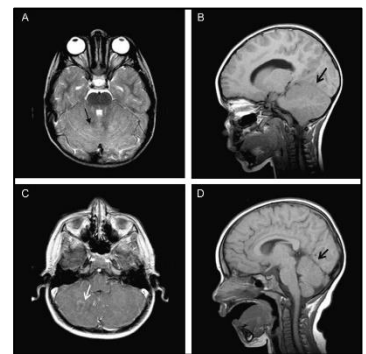


Ilustración 5. Resonancia magnética

- **Ecografía:** emprega ondas sonoras de moi alta frecuencia (ultrasóns), para observar os órganos internos. Estas rebotan nos órganos e o seu eco é recollido por un ordenador que crea imaxes a partir del. Son moi útiles para observar o desenvolvemento do feto durante o embarazo, posto que non supoñen ningún risco e poden incluso xerar imaxes en 3D.
- **Endoscopia:** permite ver imaxes reais do interior do corpo. Ao introducirse o endoscopio (tubo fino e flexible cunha pequena cámara e unha fonte de luz) a través dun orificio (natural ou unha pequena incisión) pódense tomar imaxes do interior do corpo, que se poden observar a tempo real e gravalas para o seu estudo posterior. Dependendo do órgano que se observa as endoscopias reciben un nome diferente: laparoscopia (cavidade abdominal), colonoscopia (colon), enteroscopia (intestino delgado), histeroscopia (útero)...etc.



Ilustración 6. Ecografía

2.5. Biopsia

Consiste na extracción dunha pequena mostra de tecido dun órgano en concreto para estudala posteriormente no laboratorio co microscopio e detectar unha patoloxía, como por exemplo o crecemento anómalo de células tumorais. A súa complexidade depende de onde se debe tomala mostra xa que pode realizarse cunha simple extracción mediante xiringa ou requirir unha pequena intervención cirúrxica.

3. Os avances nos tratamentos médicos

Un tratamento médico enténdese como o conxunto de procedementos físico, farmacolóxicos e psíquicos que o médico emprega para combater, curar ou paliar unha enfermidade. Os avances máis significativos dos últimos tempos son os seguintes:

3.1 Medicina de precisión

- **Medicina personalizada:** consiste en administrar a cada paciente o tipo e a dose de fármacos, recomendables segundo as súas características: idades, sexo, peso, xenética, etc. Destacan:
 - **Diagnóstico molecular:** realiza probas para identificar unha enfermidade, determinar a súa evolución e resposta a tratamentos específicos.
 - **Farmacoxenómica:** identifica o fármaco e a dose óptima en función das características xenéticas do paciente.
- **Terapia xénica:** é un tratamento médico baseado na inserción de copias funcionais de xenes defectuosos ou ausentes no xenoma dunha persoa. Pódese realizar en células e en tecidos, seguindo dúas estratexias distintas:
 - **Terapia ex vivo:** consiste en extraer células do paciente e modificalas xeneticamente co ADN de interese inserido nun virus que actúa como vector de transporte do xene. Despois as células modificadas reintrodúcense no paciente. Este é o procedemento máis empregado.
 - **Terapia in vivo:** consiste en facer chegar o ADN cos xenes de interese ás células do paciente a través de vectores de transporte (virus, liposomas) que se introducen no organismo mediante unha inxección ou en forma de aerosois. Este procedemento



é altamente complexo posto que os vectores de transporte deben identificar ás células do órgano defectuoso, entrar no seu citoplasma e transferir o xene de xeito que se exprese correctamente.

- **Inmunoterapia:** é un conxunto de estratexias de tratamento para estimular ou repor o sistema inmunitario fronte algunhas doenzas ou ben para minguar os efectos secundarios dunha resposta inmune anormal. De forma xeral as estratexias poden ser:
 - **Activación:** o sistema inmune é estimulado para identificar e atacar células e patóxenos que poden danar ao organismo. Este é o caso dos anticorpos dirixidos á células cancerosas ou a vacinación contra determinados virus e microorganismos.
 - **Supresión:** diminúe e modula a resposta inmune en enfermidades autoinmunes e en pacientes con órganos transplantados para evitar o rexeitamento de órganos.

3.2 Aplicacións da robótica en medicina

- **Cirurxía robótica:** consiste na realización de intervencións cirúrxicas asistida por robots permitindo que sexan máis precisas e menos invasivas. Estes robots poden manipularse a distancia polo que o médico e o paciente non teñen que estar fisicamente xuntos. O sistema cirúrxico máis empregado consiste nunha serie de brazos robóticos que levan incorporados as cámaras e elementos cirúrxicos para realizar a operación. O médico controla os brazos robóticos a través dun ordenador que lle ofrece unha visión tridimensional e en alta definición da zona a operar. Un exemplo destes sistemas é o sistema cirúrxico Da Vinci.
- **Rehabilitación:** os robots en medicina tamén se empregan en procesos de rehabilitación. Nun principio, destináronse sobre todo a axudar a persoas con discapacidades motoras pero co tempo, estes sistemas volvéronse máis efectivos, contando cun maior rango de actuación, por exemplo, para a rehabilitación de persoas que sufriron perdas sensitivas por mor dunha accidente ou unha enfermidade.
- **Almacenamento e distribución de medicamentos:** existen robots capaces de xestionar de forma moi efectiva o almacenamento e dosificación de medicinas. As vantaxes do emprego deste tipo de robots permite distribuír a medicación a pacientes sen risco de infección para os sanitarios así como levar o rexistro de medicamentos subministrados a cada paciente.
- **Asistencia sanitaria:** o uso de asistentes robots en medicina é cada vez máis frecuente. Por exemplo, para prestar servizo en zonas contaminadas ou con alta presenza de virus ou bacterias, ou como compañía e distracción para os nenos e pacientes de todas as idades.
- **Biónica:** o uso de próteses e exoesqueletos robóticos permiten reempregar órganos ou axudar aos aqueles danados ou deteriorados. As máis sinxelas imitan a forma e función do órgano pero as máis avanzadas poden ser controladas recollendo os impulsos neuronais do cerebro ou incluso permitir sentir diferentes sensacións a través de prótese. Algúns exemplos son as próteses de titanio nas articulacións fracturadas ou as mans e brazos mecánicos que substitúen aos membros danados.

Ilustración 7. Robot da Vinci

Ilustración 8. Prótese



- **Recuperación de sentidos:** grazas á robótica en medicina xa se pode chegar a recuperar sentidos que se crían perdidos. Por exemplo, en 2014 realizouse un transplante de cóclea a unha muller que lle permitiu escoitar por primeira vez aos 40 anos de idade, e en 2015 un home puido recuperar a vista grazas á implantación dun ollo biónico.
- **Nanomedicina:** consiste na aplicación da nanotecnoloxía na medicina. Permite manipular células e mesmo moléculas dentro do corpo do paciente, permitindo reparar tecidos e órganos danados, dirixir medicamentos directamente ás células diana mediante microesferas, controlar a evolución de enfermidades mediante nanoproxectís que actúen selectivamente e destrúan as células afectadas, como por exemplo no cancro, etc... Tamén permite desenvolver biosensores, que se activen no corpo do paciente cando se precise a liberación dunha substancia para tratar un problema de saúde; como a insulina cando aumente a glicosa no sangue, ou un medicamento específico.

3.4 Transplantes

Un transplante é un órgano ou tecido san procedente dun doador que se implanta no mesmo paciente ou noutra persoa diferente, ao que se denomina receptor. Se o que se lle coloca ao receptor é unha prótese artificial, chámase **implante**.

Os transplantes realízanse cando un órgano ou tecido está moi danado e non cumpre a súa función nin se pode curar, polo que é preciso extirpalo e colocar outro san.

Os **transplantes de tecidos** son relativamente sinxelos, como por exemplo o transplante de células medula ósea, córnea, os enxertos de pel e mesmo as transfusións sanguíneas. Pero os **transplantes de órganos** realízanse mediante cirurxías complexas, que duran varias horas e requiren a intervención de cirurxiáns altamente especializados. Algúns dos transplantes de órganos máis comúns son o de ril, corazón ou fígado.

Existen varios tipos de transplantes, dependendo de quen sexa o donante:

- **Autotransplante:** Cando se transplanta un tecido no mesmo individuo; é dicir o doador é tamén o receptor. Por exemplo, os transplantes de pel ou de cartilaxe.
- **Isotransplante:** Cando o doador e o receptor son xemelgos idénticos.
- **Alotransplante:** Cando o doador e o receptor son dous individuos diferentes pero que pertencen á mesma especie. Deste tipo son a maioría dos transplantes.
- **Xenotransplante:** Cando o doador e o receptor pertencen a especies distintas. Emprégase no transplante de tecidos, como as válvulas cardíacas que proceden de porcos ou de vacas; evidentemente estes tecidos requiren un tratamento previo para acondionalas ás características do ser humano e minimizar as posibilidades de rexeitamento.

O **rexeitamento** é o principal problema que pode presentarse nun transplante. Prodúcese cando o sistema inmune do receptor non identifica ás células do órgano ou tecido como propias, polo que as células de defensa reaccionan contra el atacándoo.

Para minimizar o risco de rexeitamento, acométense dúas estratexias:

- **Buscar o donante máis compatible posible:** pode tratarse dun familiar próximo vivo, se o órgano ou tecido que se precisa non compromete a vida do doador (ril, medula ósea) ou de persoas falecidas cando as células do receptor e do doador son compatibles.

- **Empregar fármacos inmunosupresores:** diminúen a actividade do sistema inmune polo que non se produce o rexeitamento. Ten o inconveniente de que o receptor ten que tomalos de por vida e que como o seu sistema inmune pouco activo, poden contraer enfermidades infecciosas con facilidade.

3. A biotecnoloxía: aplicacións médicas e implicacións éticas

3.1. Aplicacións da biotecnoloxía en medicina

A biotecnoloxía é a tecnoloxía que utiliza organismos vivos, procesos ou sistemas biolóxicos para obter produtos de interese. A **biotecnoloxía tradicional** vense utilizando desde a antigüidade, por exemplo á hora de seleccionar especies animais ou vexetais que teñen mellor rendemento ou ao empregar microorganismos para producir produtos de interese.

Cos avances científicos do último século e o desenvolvemento da enxeñaría xenética a biotecnoloxía viuse potenciada coas técnicas de manipulación do ADN, falando entón de **biotecnoloxía moderna**. A aplicación das técnicas da enxeñaría xenética favoreceu a modificación xenética dos organismos para producir substancias ou realizar procesos de interese sanitario. Algunhas destas aplicacións son as seguintes:

Organismos modificados xeneticamente

Os organismos modificados xeneticamente son organismos que posúen o seu material xenético alterado mediante técnicas de enxeñaría xenética. Dependendo do tipo de alteración pódese falar de **organismos modificados xeneticamente**, cando só se manipula o propio material xenético do organismo, por exemplo para expresar algunha característica en maior ou menor cantidade; ou ben de **organismos transxénicos**, cando se insire material xenético doutra especie.

- **Microorganismos modificados xeneticamente:** os microorganismos máis empregados adoitan ser bacterias, xa que son doadas de manipular e se dividen rapidamente, permitindo obter milleiros de clons en pouco tempo a partir de unha única bacteria transformada. Na actualidade existen moitos produtos de interese médico que se obteñen a través de bacterias transxénicas. Na industria farmacéutica se produce insulina humana, a hormona de crecemento ou o interferón, unha proteína que participa na resposta inmune en caso de infeccións víricas.
- **Animais e plantas modificados xeneticamente:** créanse manipulando o xenoma das células embrionarias do organismo, activando ou desactivando xenes ou introducindo xenes doutra especie. Este procedemento permite crear plantas e animais que crezan máis rápido ou con menos requirimentos, posuír características nutricionais adicionais ou incluso funcionar como biorreactores, producindo substancias de interese, como por exemplo a produción de insulina no leite de vacas modificadas xeneticamente.

Pegada xenética

A pegada xenética (proba de ADN ou análise de ADN) é unha técnica utilizada para diferenciar mostras de ADN de distintos individuos. Como as persoas teñen en común unha gran parte da súa secuencia de ADN, para diferenciarlas empréganse as rexións de ADN altamente variables xa que é pouco probable que dúas persoas non relacionadas teñan o mesmo tipo de variacións.

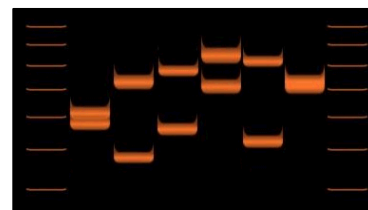


Ilustración 9. Pegada xenética

Desta maneira, a pegada xenética pódese utilizar en medicina forense para identificar os sospeitosos con mostras de sangue, cabelo, saliva ou seme ou ben para identificación de restos humanos ou probas de paternidade.

Células nai

As células nai son células que posúen capacidade de dividirse e diferenciarse para orixinar as células dos diferentes tecidos do corpo. Hai varios tipos:

- **Células nai embrionarias:** forman os embrións nos estados de desenvolvemento iniciais. Denomínanse totipotenciais porque poden dar lugar a calquera célula de calquera tecido do organismo. O seu uso presenta moitos problemas éticos debido a que proceden de embrións sobrantes de tratamentos de fecundación in vitro.
- **Células nai adultas:** atópanse en tecidos adultos coa capacidade de rexenerar as súas células, como pode ser as células hematopoiéticas da medula ósea vermella, que orixinan o sangue. Denomínanse células multipotenciais e só poden dar lugar ás células dese dunha liña celular concreta..
- **Células nai inducidas:** son células diferenciadas procedentes de tecidos adultos (principalmente da pel) que se converten no laboratorio en células nai introducíndolles xenes que reverten a súa diferenciación. Compórtanse como as células embrionarias pero sen os problemas éticos que supón o uso destas.

Na actualidade os tratamentos con células nai son unha das principais liñas de investigación e, ao repoñer as células dos órganos danados, poden lograrse nun futuro tratamentos para moitas enfermidades.

Clonación de organismos

A clonación de organismos ten como obxectivo crear un organismo xeneticamente igual a outro. No caso dos animais existen dous métodos de clonación:

- **División de embrións:** ten que realizarse nas fases iniciais do desenvolvemento, de xeito similar ao proceso natural polo que se forman os xemelgos univitelinos. A partir das células dun embrión temperán orixínanse varios embrións que se desenvolven para dar individuos idénticos.
- **Transferencia nuclear:** transfírese o núcleo dunha célula adulta do individuo doador, a un óvulo ao que se lle quitou o núcleo. A continuación estímúlase a división do óvulo co núcleo doado e orixínase un embrión que se implanta no útero dunha femia onde se desenvolve ata formar un individuo xeneticamente idéntico ao individuo doador. Mediante este procedemento, en 1997, creouse o primeiro mamífero clonado: a ovella Dolly.

A clonación pode ter aplicacións moi interesantes no tratamento de enfermidades, producindo tecidos e órganos para transplantes, pero tamén na produción de substancias de interese comercial, clonando animais transxénicos.

3.2 Implicacións éticas

As técnicas de enxeñería xenética teñen numerosos beneficios no campo da saúde. En microbioloxía industrial facilitan a fabricación de fármacos e alimentos; en medicina, permiten deseñar terapias xénicas coas que poder curar enfermidades ou mecanismos de reparación de tecidos e órganos; e no medio ambiente contribúen na restauración do medio creando microorganismos que eliminan a contaminación industrial.

A pesar de todos estes beneficios as aplicacións da biotecnoloxía e a enxeñería xenética poden traer consigo consecuencias negativas sobre a saúde, sobre o medio e mesmo sobre a dignidade humana se os avances non van acompañado dunha responsabilidade ética.

Existen moitos aspectos da biotecnoloxía que deben ser considerados desde un punto de vista bioético. O principio básico que se debe seguir é o respecto á dignidade humana e o equilibrio do medio. Entre as principais preocupacións xurdidas destacan as seguintes:

- A **creación de organismos transxénicos** presenta cuestións éticas como a fin para a que se crean estes organismos, os riscos que supoñen para as persoas e o medio, a posibilidade de que se patenten e exploten organismos modificados por empresas, etc.
- A posibilidade da **manipulación xenética dos seres humanos** é outro risco que provoca moito medo. Se esta se reducise a combater determinadas enfermidades sería facilmente aceptada, pero establecer os límites é complicado, sobre todo á hora de decidir que características débense tratar e cales non. En concreto a aplicación da terapia xénica debe servir para curar enfermos e non como método para a mellora xenética da humanidade.
- O descubrimento da secuencia do xenoma humano podería supoñer criterios de **discriminación** para as persoas en función das súas características xenéticas, por exemplo na contratación dun seguro de vida ou solicitar un determinado emprego.
- A **clonación de organismos**, malia ter como finalidade a creación de embrións dos que obter células nai que xerarían tecidos para transplantar e non ter por finalidade a clonación de persoas, trátase dunha técnica que leva canda si numerosos conflitos éticos, relixiosos, morais e legais.

A preocupación que provocan estas dúbidas incentivou a realización de congresos e comités de bioética que tratan de poñer límites ao que se pode ou debe facer na enxeñería xenética. O máis importante é que a sociedade coñeza os riscos e beneficios derivados desta tecnoloxía e a empreguen con responsabilidade.

Todas estas consideracións fan necesarias por un lado a información e formación sobre estas novas tecnoloxías á sociedade, e por outro a responsabilidade e concienciación das súas implicacións bioéticas.

Licenzas das ilustracións

Ilustración	Recurso
Ilustración 1. Vías de administración dos medicamentos.	Autoría: Xtabay. Licencia: CC. Procedencia: https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADas_de_administraci%C3%B3n_de_f%C3%A1rmacos#/media/Archivo:V%C3%ADas_de_administraci%C3%B3n_MX.jpg
Ilustración 2. Análise xenética – Síndrome de Down.	Procedencia: Guías para o bacharelato (LOMCE), Consellería de Cultura, Educación e Universidade.
Ilustración 3. Electroencefalograma.	Procedencia: Guías para o bacharelato (LOMCE), Consellería de Cultura, Educación e Universidade.
Ilustración 4. Radiografía.	Procedencia: Guías para o bacharelato (LOMCE), Consellería de Cultura, Educación e Universidade.
Ilustración 5. Resonancia magnética.	Procedencia: Guías para o bacharelato (LOMCE), Consellería de Cultura, Educación e Universidade.
Ilustración 6. Ecografía.	Procedencia: Guías para o bacharelato (LOMCE), Consellería de Cultura, Educación e Universidade.
Ilustración 7. Robot da Vinci.	Autoría: Nimur. Licencia: CC. Procedencia: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_quir%C3%BArgico_Da_Vinci#/media/Archivo:La_proscopic_Surgery_Robot.jpg
Ilustración 8. Prótese.	Autoría: The U.S. Army. Licencia: CC. Procedencia: https://en.wikipedia.org/wiki/Prosthesis#/media/File:Flickr_-_The_U.S._Army_-_U.S._Army_World_Class_Athlete_Program_Paralympic.jpg
Ilustración 9. Pegada xenética.	Autoría: PaleWhaleGail Licencia: CC. Procedencia: https://es.wikipedia.org/wiki/Huella_gen%C3%A9tica#/media/Archivo:D1S80Demo.png