

COLEGIO ALEMÁN ALEXANDER VON HUMBOLDT

## **TRATAMIENTO CON CÉLULAS TRONCALES EN CASO DE SECCIÓN MEDULAR -¿POSIBLE ALTERNATIVA?**

Autores:

Verena Mariana Melanson Kurtzahn  
Michelle Kukutschka Lara

Asesores

Profa. Rocío Calderón Bretón  
Dra. Lizette Ortiz Rodríguez

Clave del proyecto: CIN2014A10080

Área de conocimiento: Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud

Disciplina: Ciencias de la Salud

Tipo de investigación: Documental

México, D.F. 4 febrero de 2014

## RESUMEN

Existen personas que a consecuencia de algún daño agudo, crónico o congénito sufren de sección medular. En la actualidad existe un nuevo tratamiento de medicina regenerativa, que logra a través del uso de células troncales neurales, la regeneración del tejido afectado y en algunos casos la completa recuperación del paciente, algo que hasta la segunda mitad del siglo XX se creía imposible. Pretendemos probar que dichas células son la mejor opción regenerativa para pacientes con sección medular, ya que por mucho tiempo se consideró que las neuronas no podían generarse en la etapa adulta de los organismos. Con los descubrimientos científicos de Yamanaka y Gurdon, se ha demostrado que la neurogénesis en organismos adultos sí es posible con células troncales neurales en ciertas regiones. Actualmente no existe otra terapia que pueda regenerar el tejido neural, aparte de la ya mencionada. Daremos a conocer esta alternativa regenerativa para personas con este padecimiento, explicando primeramente lo que es la médula espinal, el origen de una sección medular y sus efectos. Después definiremos lo que son las células troncales neurales, su aplicación en el tratamiento y los resultados y eficacia de este mismo.

Pensamos llegar a la conclusión de que el uso de este tratamiento regenerativo, abre la posibilidad de corregir defectos funcionales generados por una sección medular. El tratamiento es considerado hoy en día como una excelente alternativa, dado que los resultados en la mayoría de los casos han sido muy positivos.

**Palabras clave:** Daño agudo, crónico, congénito, sección medular, tratamiento regenerativo, medicina regenerativa, células troncales neurales, Yamanaka y Gurdon, neurogénesis, regeneración tejido neural, médula espinal

## SUMMARY

Many people suffer from a medullary section as a consequence of either an acute, chronic or congenital damage. There is a new treatment that achieves the regeneration of the affected neural tissue and in some cases, allows a complete recovery of the patient. The treatment employs the use of regenerative medicine using neural stem cells, which in effect regenerate the tissues in question. This was believed to be impossible up until the second half of the 20th century. Our aim is to prove these cells, are the best option for patients with this type of ailment. It was long believed that neurons could not be generated in the adult stage of organisms. With the scientific discoveries of Yamanaka and Gurdon, it has been proved that the neurogenesis in adult organisms is in fact possible, through the use of neural stem cells in certain regions. Apart from this, there is no other therapy that can regenerate the neural tissue nowadays. We will present this regenerative alternative for people with this ailment, explaining what the spinal cord is, the origin and the effects of a medullary section. Furthermore, we will define what the neural stem cells are, then their application in the treatment, its results and efficiency. As a conclusion, we pretend to prove that the use of this treatment opens the possibility to correct functional deficiencies caused by a medullary section. Given the fact that most of the cases present positive results, this treatment is considered nowadays as an excellent alternative.

**Key words:** Medullary section, acute, chronic, congenital damage, treatment, regenerative medicine, neural stem cells, neurons, Yamanka and Gurdon, neurogenesis, regenerative alternative, spinal cord

## INTRODUCCIÓN

Existen muchas personas que a consecuencia de algún daño agudo, crónico o congénito sufren de una sección medular. Esto afecta drásticamente la vida diaria de la persona, haciéndola depender de terceros, por los problemas que dicho padecimiento conlleva. En la actualidad existe un nuevo tratamiento de medicina regenerativa, que logra a través del uso de células troncales neurales, la regeneración del tejido afectado y en algunos casos la completa recuperación del paciente, algo que hasta la segunda mitad del siglo XX se creía imposible.

La hipótesis de nuestra investigación consiste en probar que las células troncales neurales son una opción regenerativa para pacientes con sección medular, ya que las recientes investigaciones con células troncales han tenido resultados muy positivos.

Este tema es de gran relevancia dado que por mucho tiempo se consideró que las neuronas no podían generarse en la etapa adulta de los organismos. Desde la segunda mitad del siglo XX, con los descubrimientos científicos de Yamanaka y Gurdon, ganadores del premio Nobel, se ha demostrado claramente que la neurogénesis en organismos adultos, sí es posible con células troncales neurales en ciertas regiones y actualmente no existe otra terapia que esté totalmente comprobada que pueda regenerar el tejido neural, aparte de la ya mencionada.

Nuestro objetivo es dar a conocer una alternativa regenerativa para personas que sufren de una sección medular. Explicando lo que es la médula espinal y después el origen de una sección medular. A partir de esto, definiremos lo que son las células troncales neurales, su aplicación en el tratamiento y los resultados y la eficacia de este mismo.

Investigamos, buscamos y consultamos fuentes que consideramos pertinentes, como la asesoría de la Dra. Ortiz Rodríguez que nos apoyó a lo largo de nuestra investigación. Averiguamos sobre los objetivos específicos ya mencionados, con la finalidad de informarnos primeramente de todo lo posible acerca de este tema, y así, poder entenderlo y estudiarlo para posteriormente presentar nuestros resultados a través del caso de un paciente.

Pensamos llegar al resultado de que el uso de células troncales neurales abre la posibilidad de corregir defectos funcionales generados por una sección medular, que se mostrarán en un esquema en el que podremos diferenciar lo que sucedía antes de la existencia del tratamiento con personas que la padecían y lo que sucede actualmente con el uso de éste en diferentes etapas del padecimiento.

Después de investigar en diferentes fuentes, podremos demostrar que realmente es una muy buena opción regenerativa ser tratado con células troncales neurales en caso de sufrir de una sección medular. Este tratamiento es considerado hoy en día como una muy buena alternativa dado que los resultados en la mayoría de los casos han sido muy positivos.

### **Composición y función de la médula espinal**

La médula espinal es el órgano crítico que conecta el cerebro con el resto del cuerpo, mediante la transmisión de impulsos eléctricos a lo largo de las largas fibras nerviosas que están agrupadas dentro de ella. Corre a lo largo y en el interior de la columna vertebral, que la protege, Tiene alrededor de 43 cm de extensión y es casi tan ancha como un dedo.

Comienza en el agujero occipital -entre el hueso occipital y el atlas- y la primera vértebra cervical, y llega hasta la segunda vértebra lumbar. Desde allí se prolonga por el filamento terminal hasta el cóccix, donde se agrupan un gran número de ramas nerviosas, denominadas cola de caballo por la forma que adoptan (ver imagen 1). Contrariamente al cerebro, la parte exterior de la médula está compuesta por sustancia blanca, y la interior, por la gris. ([www.icarito.cl](http://www.icarito.cl))

Fisiológicamente, la médula espinal es la vía conductora de impulsos desde y hacia el cerebro, y también es el centro de los movimientos reflejos. Existen 31 pares de nervios raquídeos o espinales (ver imagen 2), que son aquellos que nacen en la médula espinal y salen por los agujeros de conjunción formados por la unión de dos vértebras vecinas. Estos nervios constituyen el sistema nervioso periférico (SNP). Hay ocho nervios cervicales, doce dorsales, cinco lumbares, cinco sacros y un cóccigeo. ([www.icarito.cl](http://www.icarito.cl))

Estos nervios, que conectan a la médula con el resto del cuerpo, se agrupan en cinco enmarañadas redes que reciben el nombre de plexos, y que son los siguientes, de acuerdo a su ubicación: cervical, braquial, lumbar, sacro y sacrocóccigeo. ([www.icarito.cl](http://www.icarito.cl))

Los nervios cervicales (C1 a C8) controlan las señales que van a la parte posterior de la cabeza, al cuello, los hombros, brazos, manos y al diafragma. Los nervios dorsales (T1 a T12) controlan las señales que van a los músculos torácicos, a ciertos músculos de la espalda y a partes del abdomen.

Los nervios lumbares (L1 a L5) controlan las señales que van a partes inferiores del abdomen y la espalda, a las nalgas, a algunas partes de los órganos genitales externos y las piernas. Los nervios sacros (S1 a S5) controlan las señales que van a la parte posterior de las piernas, a los pies, a la mayoría de los órganos genitales externos y al área alrededor del ano (ver imagen 1). El único nervio cóccigeo de la médula espinal transmite la información sensitiva proveniente de la piel de la región inferior de la espalda. ([www.teleton.org](http://www.teleton.org))

### Composición interna

Al igual que el cerebro, la médula espinal está compuesta por una sustancia gris que se encuentra en el centro y una blanca que la rodea. La materia gris contiene cuerpos celulares nerviosos y está organizada en cuatro astas o raíces: dos dorsales, que reciben información mediante las neuronas sensitivas repartidas en el cuerpo, y dos astas ventrales, que contienen los cuerpos celulares de las neuronas motoras que mandan señales a los músculos esqueléticos. La sustancia blanca está formada por axones de neuronas que se agrupan en dos tipos de vías: las ascendentes, que transmiten señales sobre las percepciones del cuerpo hasta el cerebro, y las vías descendentes, que emiten impulsos nerviosos desde el cerebro hacia la médula espinal, para luego de allí ir a los músculos esqueléticos, produciendo movimientos voluntario. ([www.icarito.cl](http://www.icarito.cl))

### Funciones

La médula posee tres funciones principales:

- Transporta información entre los nervios espinales y el cerebro.
- Controla reacciones automáticas o reflejas.
- Transmite, a través de los nervios espinales, impulsos nerviosos a los músculos, vasos sanguíneos y glándulas. ([www.icarito.cl](http://www.icarito.cl))

### **Protección de la médula espinal**

Está protegida por las vértebras (cervicales, torácicas y lumbares) de la columna vertebral y sus ligamentos de apoyo y las meninges. También está resguardada por el líquido cefalorraquídeo (sustancia transparente que recorre el cerebro y la médula espinal), que actúa como amortiguador de golpes, y el espacio epidural, ocupado por una capa de grasa y tejido conjuntivo ubicado entre el periostio (delgada capa que cubre el hueso) y la duramadre (capa exterior de las meninges). ([www.icarito.cl](http://www.icarito.cl))

### **Sección Medular**

Por sección medular se entiende la interrupción más o menos completa y definitiva de la conducción medular (ver imagen 3). ([www.neurorgs.net](http://www.neurorgs.net)) Es un daño permanente, parcial o completo de la médula espinal, a nivel de la columna, que ocasiona la imposibilidad de mover los músculos (brazos, tórax, abdomen, piernas), impide la capacidad para sentir dolor, calor o frío, y puede producir una incapacidad para controlar la orina y las evacuaciones. Esta lesión puede desarrollarse desde que un bebé se está formando en el vientre materno, por tumores, infecciones o accidentes que lesionan la médula espinal (automovilísticos, caídas, complicaciones quirúrgicas, etc.). ([www.teleton.org](http://www.teleton.org))

El punto de la médula espinal a partir del cual se interrumpen las funciones se conoce como "el nivel de la lesión medular". Regularmente es un poco más abajo del sitio donde ocurre el daño o "sitio de la lesión". La lesión medular puede ser completa (esto es que todas las funciones por debajo de la lesión son interrumpidas), en donde la mayoría de o incompleta (que sólo se daña parte de la médula y de acuerdo al porcentaje de daño serán las funciones que se interrumpen).

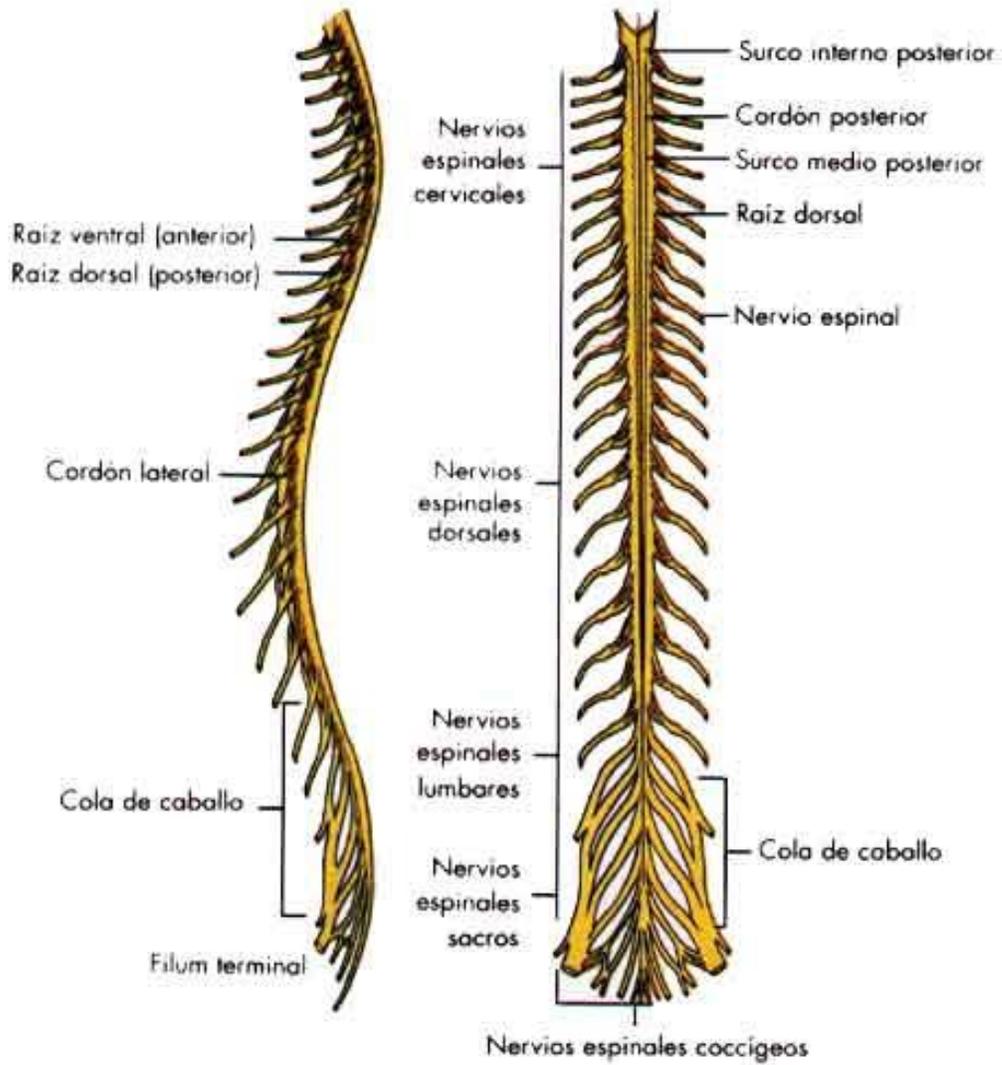
Es necesario que el paciente sea examinado por especialistas para determinar exactamente el nivel de lesión, pero entre más arriba ocurra la lesión, mayor será la parálisis (ver imagen 4). ([www.teleton.org](http://www.teleton.org))

### **¿Qué puede provocar una lesión medular y qué efectos tiene?**

Las caídas catastróficas, accidentes automovilísticos como o cualquier otra clase de trauma físico que aplaste o comprima las vértebras del cuello, puede causar un daño irreversible a nivel cervical de la médula espinal. El resultado más probable de este tipo de daño es la parálisis de la mayor parte del cuerpo, incluyendo los brazos y las piernas, el tórax (lo que se llama cuadriplejía). Las caídas de alturas son a menudo responsables de daños en la médula espinal en la porción media de la espalda (área dorsal o lumbar), que pueden causar parálisis del tronco inferior y de las extremidades inferiores (lo que se denomina paraplejía). Hay lesiones que son producidas al penetrar un objeto directamente a la médula espinal, como heridas de bala o lesiones con cuchillo, que pueden seccionar parcial o completamente la médula espinal y causar discapacidad para toda la vida. ([www.teleton.org](http://www.teleton.org))

También existen lesiones por tumores benignos o malignos que crecen dentro o fuera de la médula, que pueden aparecer en cualquier nivel, lesiones por infecciones, malformaciones arteriovenosas, enfermedades desmielinizantes, congénitas y anomalías de la columna como el mielomeningocele. ([www.teleton.org](http://www.teleton.org))

Imagen 1



([www.si-educa.net](http://www.si-educa.net))

Imagen 2

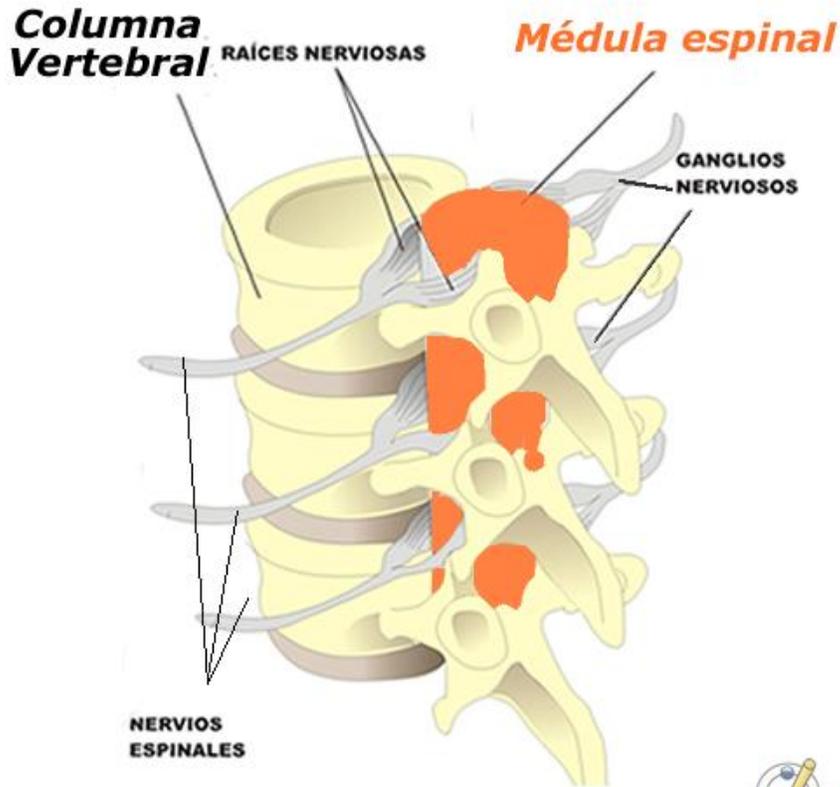


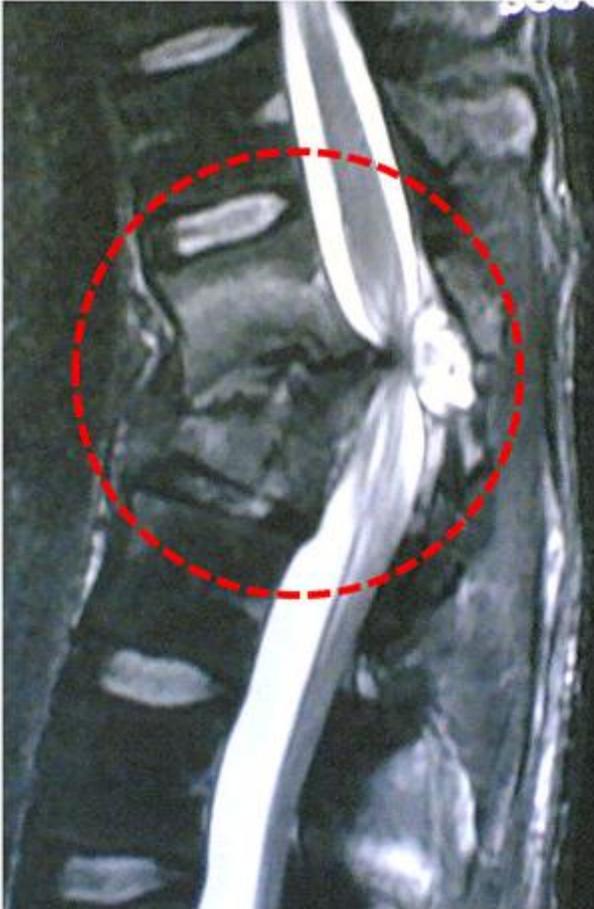
Imagen del Ministerio Educación de España  
Creative Commons  
adaptación Educando

([www.educando.edu.do](http://www.educando.edu.do))



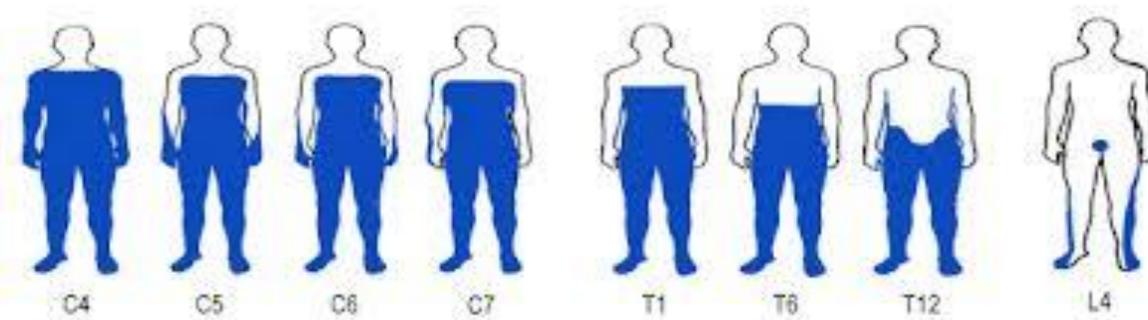
([www.icarito.cl](http://www.icarito.cl))

Imagen 3



([www.neuros.net](http://www.neuros.net))

Imagen 4



([www.psicologiaymasenlared.blogspot.mx](http://www.psicologiaymasenlared.blogspot.mx))

### Las células troncales neurales

Las células madre o troncales son células biológicas que se encuentran en todos los organismos multicelulares. Se pueden dividir por medio de la mitosis, y se diferencian en diversos tipos de células especializadas. Entre sus cualidades destaca el hecho de que pueden renovarse por sí mismas para producir más células madre y que tienen la capacidad de convertirse en cualquier tipo de célula. A través de procesos de cultivo se pueden transformar de manera "artificial" estas células, en células especializadas que son compatibles con otras células de diversos tejidos como los nervios. (Ver imagen 5) ([www.lascalulasmadre.es](http://www.lascalulasmadre.es))

En la etapa adulta de los organismos, las células madre actúan como un sistema de reparación para el cuerpo y fue hasta la segunda mitad del siglo XX en que se descubrió que en esta misma etapa, la neurogénesis, sí es posible. Es decir, que aún después del nacimiento los organismos adultos son capaces de producir neuronas y células gliales nuevas. ([www.biopps.com](http://www.biopps.com))

Existen varios tipos de células madre entre los que se encuentran:

- Las células madre embrionarias
- Las células madre adultas
- Las células madre totipotentes
- Las células madre pluripotentes
- Las células madre multipotentes
- Las células madre unipotentes

(Ver imagen 6) ([www.lascalulasmadre.es](http://www.lascalulasmadre.es))

Las células madre que nos interesan para la investigación son las pluripotentes, ya que a partir de éstas se pueden formar las células que constituyen el sistema nervioso. Las células madre pluripotentes no son capaces de formar un organismo completo, pero sí cualquier otro tipo de célula correspondiente a los tres linajes embrionarios que son el endodermo, ectodermo y mesodermo, por lo que se dice que dichas células tienen muchas similitudes con las células madre embrionarias. (Ver imágenes 7 y 8) ([www.lascalulasmadre.es](http://www.lascalulasmadre.es)) ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

El linaje ectodermo se divide en 3 partes, cada uno dando origen a tejidos diferentes como el ectodermo externo que se refiere a la piel y sus anexos, las células de cresta neural y el tubo neural que se refiere al sistema nervioso, por lo tanto a la médula espinal y nervios motores, entre otros. ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

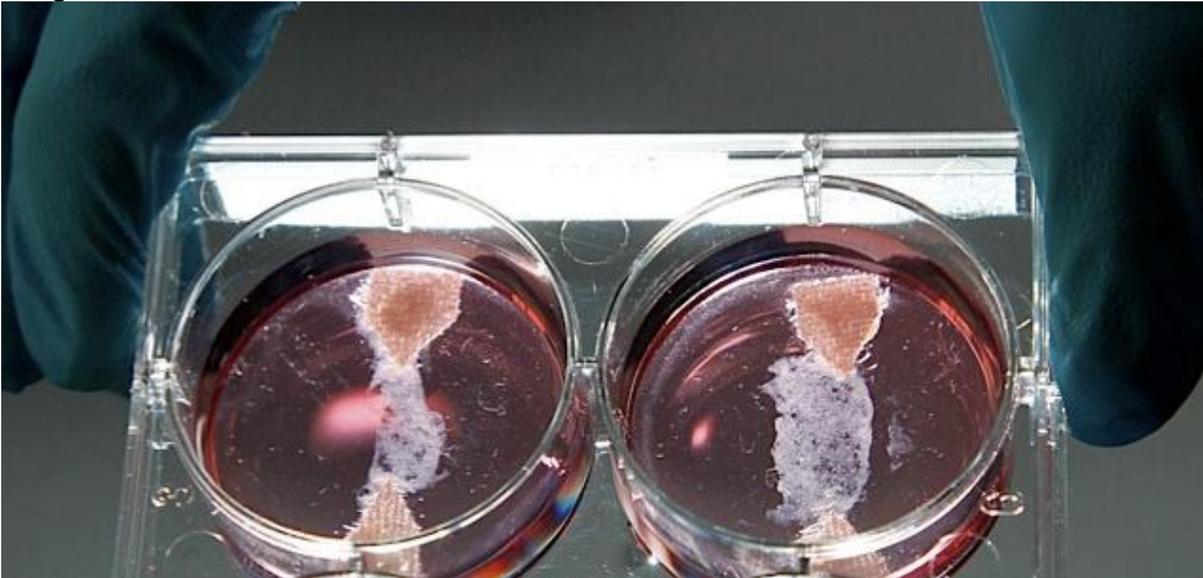
### Yamanaka y Gurdon

Antes de las investigaciones de los profesores Gurdon, de la Universidad de Cambridge, Inglaterra, y Yamanaka, de las universidades de Kioto, Japón, se creía que el proceso, en el que las células se multiplican para convertirse en células especializadas y así formar cualquier tipo de tejido en el organismo, era irreversible, o sea, que una vez especializada la célula no se podía cambiar su estado. (Ver imagen 9) ([www.lavanguardia.com](http://www.lavanguardia.com))

Fue hasta 1962 cuando John Gordon descubrió lo contrario. Esto lo logró a través de una serie de experimentos con ranas en donde reemplazó el núcleo de una célula inmadura de un óvulo con una célula intestinal madura. (Ver imagen 10) Así se demostró que el ADN de una célula madura contiene toda la información necesaria para convertirse en cualquier tipo de célula en el organismo, lo que sirvió como base para que en 2006, Yamanaka descubriera cómo reprogramar las células maduras en ratones para convertirse en células madre inmaduras, capaces de volverse nuevamente cualquier tipo de tejido. (Ver imagen 11) Dicho hallazgo condujo al descubrimiento de las ya mencionadas

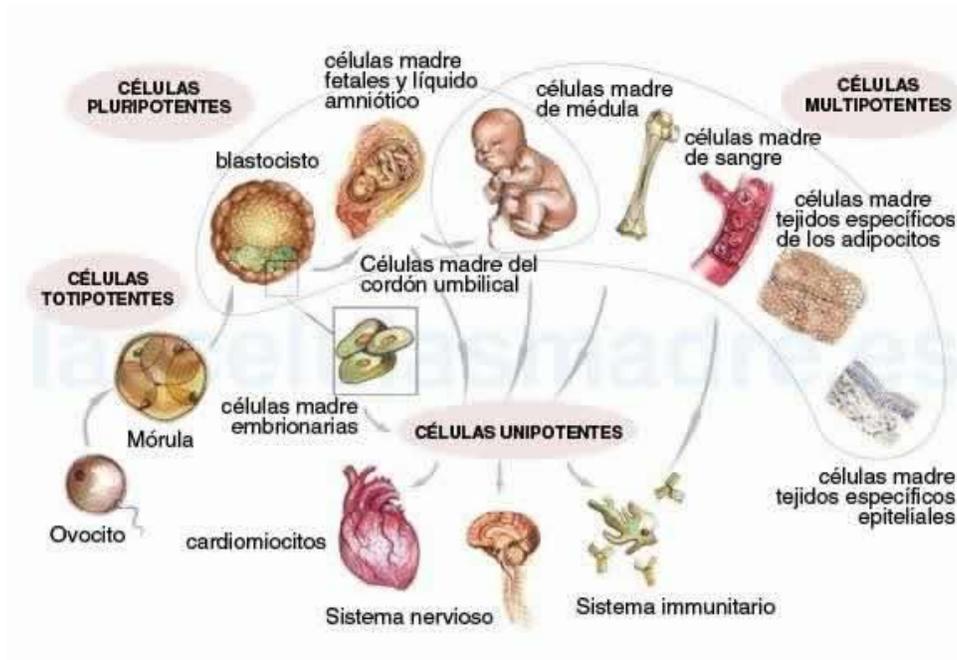
células madre pluripotentes inducidas. Un avance extraordinario en la investigación de las células madre para tratamientos, sin la necesidad de recurrir al controvertido uso de embriones, ya que dichas células provienen de las propias células del paciente en cuestión, lo que también evita cualquier rechazo del sistema inmune. ([www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk))

Imagen 5



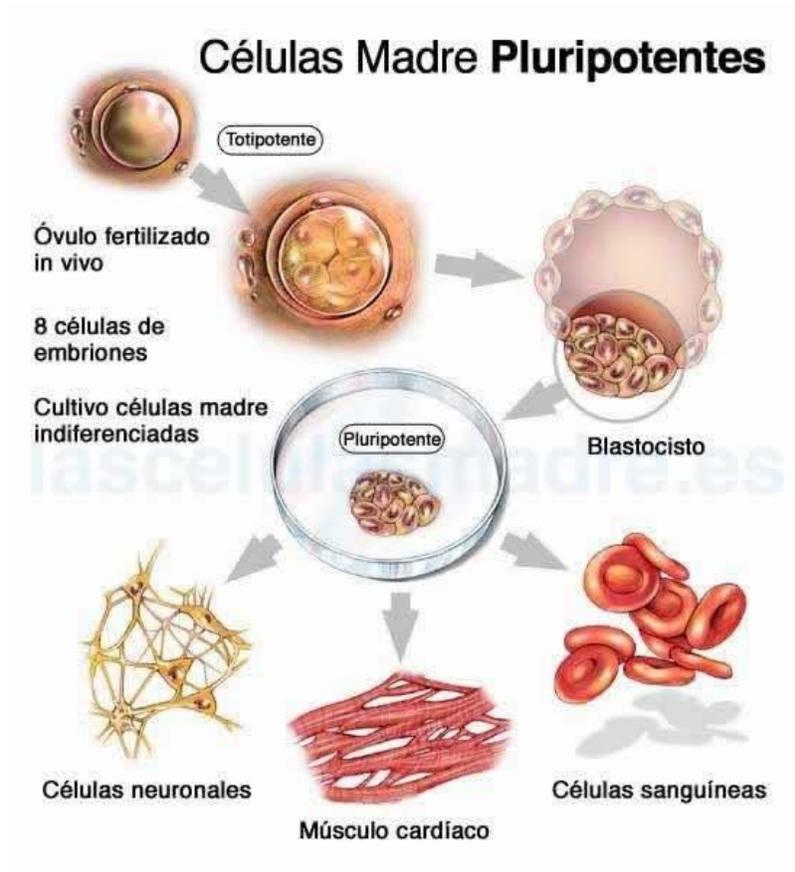
([www.lascalulasmadre.es](http://www.lascalulasmadre.es))

Imagen 6



([www.lascalulasmadre.es](http://www.lascalulasmadre.es))

Imagen 7



([www.lascalasmadre.es](http://www.lascalasmadre.es))

Imagen 8

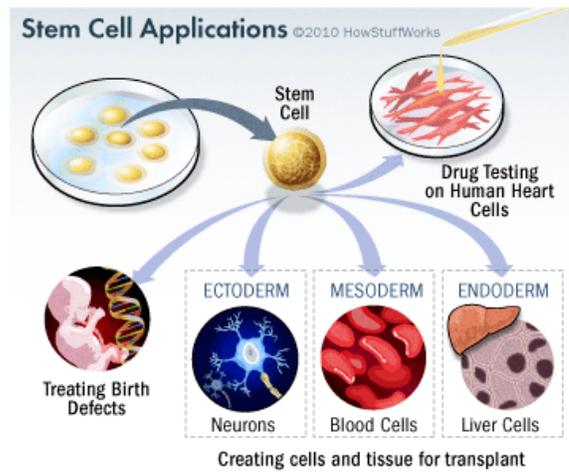
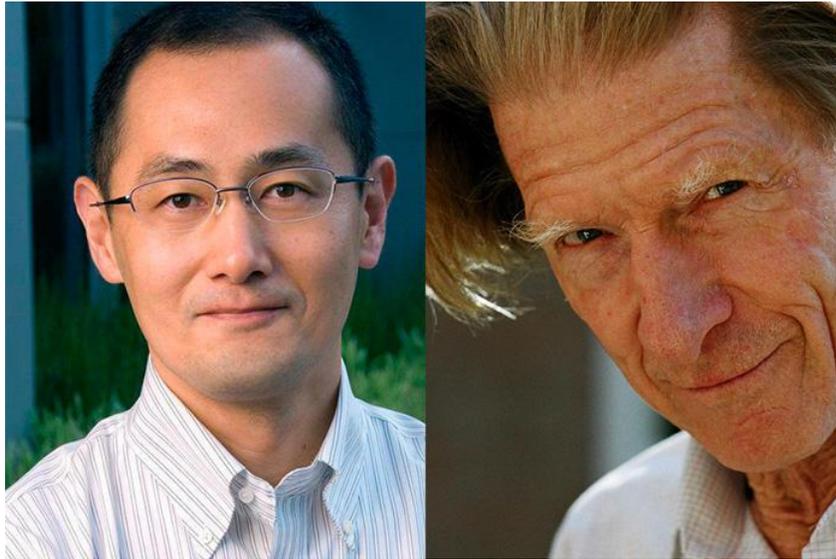
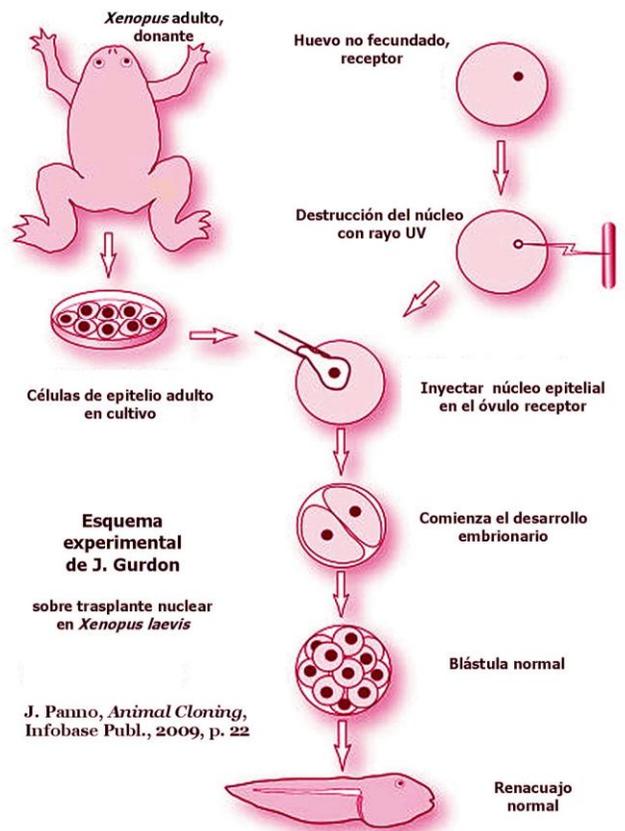


Imagen 9



([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Imagen 10 ([www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk))



### Tratamiento con células madre

Se ha comprobado que los tratamientos de células madre resultan muy útiles para una gran cantidad de problemas médicos que ocasionan la degradación o muerte celular. Con ellas es posible crear nuevas células y regenerar las ya existentes, además de que también producen y mejoran diversas funciones del cuerpo:

1. Mejora del sistema inmunológico
2. Reducción de la muerte celular
3. Estimular la diferenciación de las células madre del propio paciente
4. Crecimiento de vasos sanguíneos
5. Reducción de la cicatrización
6. Mejora de la conducción de señales eléctricas y transducción

([www.miterapiacelulasmadre.com](http://www.miterapiacelulasmadre.com))

El tratamiento en cuestión consiste en introducir células madre de diversos orígenes y tipos, las cuales pueden provenir de tejidos recientes, ser criopreservadas después de que se han cultivado en medios celulares, o bien pueden ser liofilizadas, es decir, que la célula muere pero se conservan sus constituyentes bioactivos.

Estas células madre pueden ser de seres humanos, a lo que se le conoce como terapia celular alogénica, o bien, como era más frecuente en el pasado, pueden provenir de animales, ya sean bovinos, ovinos, etc. Esta terapia se denomina terapia celular xenogénica. Las células también pueden provenir del mismo paciente, de manera que se trata de una terapia celular autóloga, la que, como ya se mencionó, reduce la posibilidad de rechazo de las células introducidas y evita la necesidad de utilizar embriones. ([www.celulasmadre.org.mx](http://www.celulasmadre.org.mx))

Una prueba de esto, son los resultados que obtuvieron de un estudio de seguimiento de 115 pacientes con lesión medular tratados con células madre autólogas de la médula es decir, en el XCell-Center en Colonia y Düsseldorf, en Alemania. Esta es la primera clínica privada en Europa especializada en medicina regenerativa. El tratamiento se inicia mediante la extracción de unos 200ml de médula ósea del hueso de la cadera del paciente mediante una aguja fina bajo anestesia local. Las células madre se separan de la médula ósea en el laboratorio, donde se cuentan y se mide su vitalidad.

El último paso del tratamiento es el procedimiento de implante, mínimamente invasivo, que consiste en inyectar las células madre en el líquido cefalorraquídeo del paciente (punción lumbar) utilizando una aguja espinal bajo anestesia local. ([www.celulas-madre-adultas.blogspot.mx](http://www.celulas-madre-adultas.blogspot.mx)). En conjunto, casi 60% de los pacientes tratados obtuvo resultados después de este tratamiento. Estos resultados apoyan la premisa de que los pacientes con sección medular pueden ser tratados de forma segura y eficaz con células madre autólogas, es decir del mismo cuerpo del paciente.

## RESULTADOS GRAFICADOS

Efectos de una sección medular	Resultados después del tratamiento (115 pacientes tratados)
Se suprimen las funciones nerviosas y la sensibilidad por debajo del nivel lesionado, por la interrupción de las fibras ascendentes y descendentes (motoras, sensitivas y autónomas)	Retorno de la sensación en las manos, pies, brazos, piernas y el tronco (en 6 de cada 10 pacientes)
Afectación temporal de la actividad refleja, parálisis muscular y visceral (insuficiencia respiratoria)	Mejora de la fuerza muscular y la resistencia (en más del 50% de los tratados)
Se producen violentos espasmos flexores o extensores de las extremidades	Disminución de espasticidad muscular del 85% (5 de cada 10 pacientes)
Incontinencia esfinteriana: Falta de control de las funciones de la defecación y de la micción. Los esfínteres (anillos de cierre del recto, vejiga y uretra) no reciben las órdenes cerebrales oportunas	Recuperación de los esfínteres anal y urinario después del tratamiento (30% de los pacientes)
La lesión de las moto neuronas inferiores que inervan los músculos esqueléticos, causa un trastorno en las habilidades motoras finas	Mejorías en las habilidades motoras finas, recuperando movilidad en dedos, muñecas, lengua y labios (36% de los pacientes)

Los resultados en estos 115 pacientes tratados, realizados en el XCell-Center en Alemania, realmente muestran cómo este tratamiento logra resultados positivos, mejorando la calidad de vida de estas personas.

## CONCLUSIÓN

Con base en la investigación realizada, pudimos comprobar satisfactoriamente nuestra hipótesis, probando que las células troncales (madre) neurales autólogas son la mejor opción para pacientes que sufren de una sección medular.

Gracias a los descubrimientos de Yamanaka y Gurdon, que probaron que las propiedades de las células pluripotentes adultas tienen la misma capacidad regenerativa que las células embrionarias, se

pudo comprobar y demostrar que no es necesario el uso de embriones o animales para realizar este tratamiento.

Además de esto, las células utilizadas en el mismo, provienen del paciente mismo, es decir son autólogas. Esto hace innecesario el uso de un donante y reduce el riesgo de que el cuerpo del paciente rechace las células inyectadas, como ocurre en otros tratamientos.

Una prueba de la eficacia de éste, son los resultados obtenidos en el XCell-Center en Alemania (Colonia y Düsseldorf), en donde más del 60% de los 115 pacientes tratados, presentaron resultados increíblemente positivos.

Los pacientes recuperaron gran parte de la movilidad perdida, así como el control de los esfínteres anal y urinario, logrando que la persona pueda valerse por sí misma. Al recuperar la sensibilidad en todo el cuerpo, el paciente puede realizar sus actividades diarias sin tener que depender forzosamente de terceros, regresándole su calidad de vida. Estos resultados favorables representan una gran aportación a la humanidad en cuestiones de salud y abren el camino a futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

Alberts, B., Johnson, A. & Lewis, J. (2004). *Biología Molecular de la Célula*. Traducción por Durfort i Coll, Merce (2004). Barcelona, España: Ediciones Omega

De la Garza Gutiérrez, Fidel (2006). *Guía para médicos, pacientes y familiares*. México: Editorial Trillos  
González López, G.M., Sánchez González, D.J., Sosa Luna, C.A. (2009). *Terapia celular con células madre y medicina regenerativa* (1ª ed.). México: Editorial Alfil S.A. de C.V.

Pelayo, R., Santa-Olalla, J., Velasco, I. (2011). *Células troncales y medicina regenerativa* (1ª ed.). Ciudad Universitaria, México: Ediciones Buena Onda S.A. de C.V.

## DOCUMENTOS EN LA RED

Beike Biothecnology, "Las ventajas de un tratamiento con Beike Biotechnology" Página de internet 1 de 1,  
<http://miterapiacelulasmadre.com/?gclid=CPvx16mCmrwCFTJp7AodhUMA5Q>

Beike Biothecnology, "Por qué hacer el tratamiento de células madres" Página de internet 1 de 1,  
<http://miterapiacelulasmadre.com/?gclid=CPvx16mCmrwCFTJp7AodhUMA5Q>

Células Madre y la Terapia Celular, "Las células madre y la terapia celular" Página de internet 1 de 1,  
<http://www.celulasmadre.org.mx/?p=314>

Centro Multidisciplinario de Vanguardia, "Lesión Medular" Página de internet 1 de 1,  
[http://www.serrehabilitacion.com.ar/pato\\_lesion.html](http://www.serrehabilitacion.com.ar/pato_lesion.html)

Educación para la vida, "Órganos nerviosos centrales" Página de internet 1 de 1  
<http://www.si-educa.net/intermedio/ficha695.html>

Educando, "Sistema nervioso" Página de internet 1 de 1

<http://www.educando.edu.do/articulos/estudiante/sistema-nervioso/>

Flora de Pablo Dávila, "Células madre neurales, neurogénesis y neuroprotección" Página de internet 1 de 1 <http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/943/931>

Fundación Teletón, "Guía sobre lesión medular" Página de internet 1 de 1  
<http://teleton.org/te-ayudamos/sistema-crit/abc-de-la-discapacidad/guias-para-padres/guiasobre-lesion-medular>

Icarito, "La médula espinal" Página de internet 1 de 1  
<http://www.icarito.cl/enciclopedia/articulo/segundo-ciclo-basico/ciencias-naturales/estructura-y-funcion-de-los-seres-vivos/2009/12/60-7546-9-la-medula-espinal.shtml>

Mi Terapia Células Madre, "Tratamiento para Lesión de Medula Espinal" Página de internet 1 de 1  
<http://miterapiacelulasmadre.com/index.php/experiencias-de-pacientes-y-noticias/lesion-de-medula-espinal.html?gclid=CJig6cyLproCFRfo7AodXkUA7w>

Psicología y + en la red, "La lesión medular" Página de internet 1 de 1  
<http://psicologiaymasenlared.blogspot.mx/2013/01/la-lesion-medular-y-la-silla-de-ruedas.html>

Rehab Xtrem, "Resultados positivos de tratamiento para lesiones medulares completas" Página de internet 1 de 1 <http://rehabilitacion.xtremeus.com/?p=517>

Unidad de Neurocirugía, "Traumatismos Raquimedulares - Sección Medular" Página de internet 1 de 1  
<http://neurorgs.net/docencia/uam/tema-14-seccion-medular/>

XCell-Center News, "Lesión Medular, pacientes muestran progresos" Página de internet 1 de 1,  
<http://celulas-madre-adultas.blogspot.mx/2010/08/lesion-medular-pacientes-muestran.html>