

IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS SANITARIAS APLICADAS A LOS TRATAMIENTOS DE DIÁLISIS EN EL SNS

federación española
de empresas de
fenin **TECNOLOGÍA SANITARIA**

Con la colaboración de:



ALCER
Federación Nacional



Índice

Prólogo 5

Resumen ejecutivo 6

1 | Introducción 10

2 | Principales aspectos de la enfermedad renal crónica (ERC) . . . 11

2.1. ¿Qué es la enfermedad renal crónica? 11

2.2. Tratamientos 13

2.3. Estado actual de la ERC en España 18

2.4. Asistencia al paciente renal 20

3 | Introducción a las tecnologías sanitarias de diálisis 25

4 | Tratamiento del agua 27

4.1. Introducción 27

4.2. Características 28

4.3. Beneficios 33

5 | Monitores HD/HDD/DP 36

5.1. Monitores HD 36

5.1.1. Introducción 36

5.1.2. Características 37

5.2. Monitores HDD 39

5.2.1. Introducción 39

5.2.2. Características 40

5.3. Cicladora DP 42

5.3.1. Introducción 42

5.3.2. Características 42

5.4. Beneficios 43

6 | Biosensores 47

6.1. Introducción 47

6.2. Características 47

6.3. Otros dispositivos 50

6.4. Beneficios 51

Índice

7 | Dializadores 53

7.1. Introducción 53

7.2. Características 55

7.3. Beneficios 56

8 | Software de gestión del paciente renal 58

8.1. Introducción 58

8.2. Características 58

8.3. Beneficios 60

9 | Conclusiones 62

Agradecimientos 65

**Carta de la Sociedad Española
de Enfermería Nefrológica (SEDEN) 66**

Glosario 67

Glosario técnico 67

Contenido gráfico 68

Bibliografía 69

Prólogo

Vivimos un momento histórico singular en el que la salud, en el sentido más amplio de la palabra, cobra un protagonismo muy significativo para la sociedad en general, y para ciudadanos, pacientes, profesionales sanitarios y sociedades científicas en particular, gracias a los retos derivados de una mayor expectativa de años de vida con calidad; mejoras en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades; salud entendida como bienestar y avances sin precedentes en tecnología. Y todo ello en un entorno digital a todos los niveles.

Y por si todo lo anterior no fuera suficiente, los profesionales y empresas de nuevas tecnologías ajenas al sector salud han sido conscientes de que la sanidad es una fuente de datos determinante para cambiar el modelo sanitario y contribuir a su sostenibilidad.

Dentro del contexto de envejecimiento de la población, cronicidad de las enfermedades y desarrollo de nuevas tecnologías, existen diferentes entidades nosológicas, pero una de ellas se puede señalar con protagonismo propio debido al porcentaje de población afectada, así como por su impacto social y económico: la enfermedad renal crónica (ERC). Para su tratamiento es esencial la provisión de tratamientos renales no sólo de calidad, sino de excelencia, y de una atención multidisciplinar e integral de los pacientes, sabiendo que la supervivencia de los mismos depende de estos tratamientos, y teniendo en cuenta la contribución de las innovaciones tecnológicas sanitarias como posibilitadoras de grandes avances en el tratamiento y atención de los pacientes con ERC, así como la aportación de beneficios a otros agentes clave del sistema sanitario, no sólo pacientes, sino profesionales y gestores sanitarios.

Cuando la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin) nos invitó a participar en este estudio sobre el *Impacto de las tecnologías sanitarias aplicadas a los tratamientos de diálisis en el Sistema Nacional de Salud*, decidimos apoyar esta iniciativa, valorando los últimos avances en estas tecnologías y lo que están suponiendo, de manera importante, en mejoras que deben ser compartidas y puestas en valor, ya que son clave en la mejora de los resultados de salud y tienen un impacto positivo en la gestión y eficiencia del sistema.

Este estudio demuestra, cuantitativa y cualitativamente, los aspectos ya señalados, y es el resultado de un trabajo meticuloso que nos debe servir de guía a los profesionales implicados en la ERC y, sobre todo, a los diferentes responsables, directivos y gestores del ámbito público y privado de la sanidad, para que permitan a los profesionales sanitarios y, especialmente, a los pacientes el acceso a las innovaciones tecnológicas en los tratamientos de la diálisis, asegurando que sea en condiciones de equidad para garantizar que, con independencia de su lugar de residencia, reciben el mejor tratamiento para hacer frente a su enfermedad.

Deseamos que este excelente trabajo sea utilizado y nos sirva a todos profesionales en el desarrollo de nuestras responsabilidades.



Mª Dolores del Pino y Pino
Presidenta de la Sociedad Española
de Nefrología (S.E.N.)



Jesús Molinuevo Tobalina
Presidente de la Federación Nacional
de Asociaciones ALCER



Joaquín Estévez Lucas
Presidente de la Sociedad Española
de Directivos Sanitarios (SEDISA)

Resumen ejecutivo

La **enfermedad renal crónica (ERC)** es una de las **patologías crónicas más relevantes en España**. Casi el 10% de la población sufre esta enfermedad que tiene asociado un alto impacto social y económico⁽¹⁾. Así, sólo el gasto sanitario de los pacientes en estados avanzados que requieren de un **tratamiento renal sustitutivo (TRS)** consume entre el 2,5% y el 3% del presupuesto del Sistema Nacional de Salud (SNS)⁽¹⁾.

El **tratamiento renal sustitutivo** es indispensable para la supervivencia de los pacientes con ERC de estados avanzados. En la actualidad, **más de 55.000 pacientes reciben un TRS**, y se espera que este número aumente debido al **progresivo incremento de la prevalencia y la incidencia de la enfermedad**, con un crecimiento anual del 3% y el 1%, respectivamente⁽¹⁾.

El TRS más empleado es el trasplante (52,5%), seguido de las terapias de diálisis (hemodiálisis [HD] con un 42% y la diálisis peritoneal [DP] con un 5,5%)⁽²⁾. Los tratamientos de diálisis se pueden realizar en el domicilio del paciente (hemodiálisis domiciliaria o diálisis peritoneal) o en un hospital o centro especializado (hemodiálisis).

El abordaje de la ERC se realiza de acuerdo con la estrategia definida en el **Documento Marco sobre la Enfermedad Renal Crónica dentro de la Estrategia de Abordaje a la Cronicidad en el SNS**. El tratamiento de estos pacientes se desarrolla desde el **servicio de nefrología**, destacando las consultas de **enfermedad renal crónica avanzada (ERCA)**, donde los pacientes reciben la información y el tratamiento necesario para retrasar el progreso de su enfermedad, además de la información precisa y adecuada para la elección del tratamiento renal sustitutivo y la preparación para su inicio.

Debido a la complejidad del manejo de los pacientes con ERC, es esencial tanto la provisión de un **tratamiento de calidad** como una **atención multidisciplinar e integral**. Para ello, es necesario que se presten **servicios complementarios** de atención nutricional y psicológica, así como el apoyo de trabajadores sociales, figura clave en asesoramiento administrativo y laboral⁽³⁾. Además, la **coordinación y comunicación entre nefrología y atención primaria** resulta fundamental en el diagnóstico y seguimiento del paciente. A pesar de que ha habido avances en este punto, los gestores destacan la necesidad de seguir trabajando en la introducción de iniciativas que tengan como objetivo reforzar la comunicación y formación de los profesionales con el fin de prevenir y detectar la enfermedad en los estados más tempranos. Por otro lado, la **figura de enfermería se considera de vital importancia** para asegurar una atención integral y especializada, por lo que los expertos y gestores coinciden en que se debe seguir apostando por la formación y fomentar el rol de estos profesionales.

La **innovación en las diferentes tecnologías de diálisis** está posibilitando grandes **avances en el tratamiento** y atención de los pacientes con ERC, comportando beneficios a todos los agentes clave: pacientes, profesionales y gestores sanitarios.

En este sentido, las **tecnologías punteras** están haciendo realidad la **introducción de nuevas terapias** de diálisis que brindan la posibilidad de **personalizar y optimizar** el cuidado del paciente según sus características clínicas y sus necesidades. Como apuntan los expertos, esta mayor calidad asistencial se traduce en una **mejora de la calidad de vida de los pacientes**, en un **aumento de resultados en salud** y en un **incremento de la eficiencia y la sostenibilidad**, objetivos clave del SNS.

De esta manera, la **incorporación de tecnologías punteras permite la realización de la hemodiafiltración en línea (HDF-OL)**, técnica que, entre otros beneficios, **reduce en un 30% la mortalidad global y en un 22% el riesgo de hospitalizaciones**⁽⁴⁾, así como de otros tratamientos específicos con beneficios para el estado general de los pacientes. También posibilita importantes avances en la atención domiciliaria, tanto para los tratamientos de hemodiálisis domiciliaria como para la diálisis peritoneal, **terapia que aporta la mayor supervivencia en los registros cuando se utiliza como tratamiento de inicio**, siempre que no sea posible un trasplante anticipado⁽⁵⁾. Estas técnicas domiciliarias, además de incrementar la calidad de vida de los pacientes, han repercutido en una reducción del coste total del tratamiento de diálisis, incluyendo los costes derivados del transporte sanitario.

La innovación, que está teniendo un papel clave en los tratamientos de diálisis, se refleja en diferentes tecnologías, entre las que destacan el tratamiento de agua, los monitores de hemodiálisis en centro o domicilio y las cicladoras en diálisis peritoneal automatizada, los biosensores, los dializadores y el *software* de gestión del paciente renal, tecnologías que son foco del presente estudio.

Los últimos avances en estas tecnologías comportan de **manera transversal importantes mejoras** que no deben ser subestimadas y reflejan la importancia de su incorporación:

- **Reducción de efectos adversos y complicaciones** de los pacientes como vómitos, náuseas, episodios de hipotensión, anemias o cardiomiopatías, entre otros, tanto durante la sesión como a lo largo del tratamiento.
- **Disminución de riesgos** para todos los agentes.
- **Incremento de la seguridad** para pacientes y profesionales al disponer de las tecnologías más avanzadas.
- **Reducción de costes** asociados a **hospitalizaciones** y a **tratamientos farmacológicos**, como los quelantes del fósforo o los agentes eritropoyéticos.
- **Mejora de la eficiencia** en el proceso asistencial gracias a la automatización y optimización de procesos.
- **Mayor calidad asistencial debido a la mejora de los flujos de trabajo y la reasignación de recursos.**
- **Aumento de la sostenibilidad** económica y medioambiental del sistema.

Si se analizan las particularidades de cada tecnología, los avances introducidos en las **modernas plantas de tratamiento de agua** han hecho posible la obtención de agua ultrapura de alta calidad para su uso como líquido de diálisis. Este hecho, además de ser imprescindible para realizar la HDF-OL, ha repercutido de manera significativa en el estado general y la calidad de vida de los pacientes, **reduciendo tanto efectos adversos como posibles complicaciones a largo plazo**.

En el caso concreto de la hemodiálisis, los avances tecnológicos de los **monitores** permiten ofrecer diversas **técnicas en función de las necesidades del paciente y personalizar el tratamiento** adecuado en cada caso. La introducción de innovaciones –como, por ejemplo, el control de la ultrafiltración– ha repercutido de manera considerable en la seguridad y la efectividad de la sesión. Asimismo, **las nuevas tecnologías en hemodiálisis domiciliaria** y los avances en la **cicladora de la diálisis peritoneal** han

potenciado el uso de estas técnicas de manera segura y efectiva, fomentando la autogestión de la enfermedad por parte de los pacientes.

Además, ambas tecnologías posibilitan la **disminución de los costes del tratamiento**. En el caso de la diálisis peritoneal se ha estimado un **potencial ahorro** para los gestores sanitarios que asciende a más de **30 millones de euros al año** si se incrementa el empleo de **esta modalidad a un 30% de los pacientes en diálisis**⁽⁶⁾. En la hemodiálisis domiciliaria, se ha demostrado una mejora en diferentes parámetros clínicos, lo que conlleva **una reducción de los costes asociados gracias a la disminución de la administración de fármacos**, como sucede en el caso de la **eritropoyetina** (un **63%**)⁽⁷⁾ y los **antihipertensivos** (**31,5%**)⁽⁸⁾.

Del mismo modo, la introducción de **biosensores**, dispositivos que monitorizan parámetros del paciente de manera instantánea y a tiempo real, ha facilitado a los profesionales sanitarios tener un **control exhaustivo del paciente durante la sesión**. A su vez, ha permitido **incrementar la eficiencia de las sesiones de diálisis y favorecer la reasignación de recursos**, dado que reducen en un **43% el número de acciones del personal de enfermería durante la sesión**⁽⁹⁾.

Otro de los avances más significativos ha sido la disponibilidad de **dializadores punteros**, encargados de filtrar la sangre de toxinas urémicas, con membranas biocompatibles de alta permeabilidad. Así, **el uso de materiales biocompatibles** ha reducido el número de efectos adversos y complicaciones. Por otra parte, la membrana de alta permeabilidad y la mayor eliminación de toxinas urémicas **se ha traducido en una reducción de los fármacos administrados**. Para el caso de la **eritropoyetina (EPO)**⁽¹⁰⁾, se estima que el **ahorro de administración** asciende a **7,8 millones de euros al año**.

Por último, el **software de gestión del paciente renal** facilita la mejora de los **procesos de gestión y monitorización de parámetros clínicos** que son necesarios para el manejo del paciente. Esto ha repercutido en la seguridad y la efectividad de los tratamientos de diálisis, proporcionando herramientas que optimizan el control y el seguimiento del paciente por parte de los profesionales.

El uso y la incorporación de las nuevas tecnologías deben ir acompañados de la **formación adecuada y necesaria para todos los tipos de profesionales**, incluyendo especialistas, enfermería y técnicos responsables del mantenimiento de los equipos. A pesar de que existen guías, protocolos y estándares que pautan la utilización y la adecuación en casos como el tratamiento de agua, los expertos y gestores destacan la importancia de seguir avanzando en esta línea, introduciendo mecanismos que aseguren el conocimiento que se requiere para maximizar sus beneficios y la seguridad del paciente. Asimismo, es muy importante contar con personal cualificado para la toma de decisiones en aspectos como la adquisición, gestión y mantenimiento de los equipos para garantizar la calidad de la asistencia a los pacientes.

En este contexto, este análisis pone de relieve los importantes beneficios asociados a la innovación tecnológica y, por consecuencia, la gran **importancia que tiene su incorporación para mejorar tanto la calidad de vida del paciente y la calidad asistencial como la sostenibilidad del sistema**. España es **líder mundial en trasplantes**, siendo el de riñón el que más se realiza (62,1% en 2016)⁽¹¹⁾. Para seguir en esta línea, la **incorporación de tecnologías innovadoras** que permiten que el paciente llegue en las **mejoras condiciones clínicas a la intervención** es primordial. Además, éstas a su vez ofrecen las **mejores técnicas para el tratamiento continuo de la enfermedad**.

Figura 1. Puntos clave introducidos en el informe

Así, resulta de **gran prioridad** que los diferentes **responsables y agentes** del ámbito público y privado **continúen introduciendo medidas para la mejora de la eficiencia y destinen recursos a la inversión e incorporación de innovaciones tecnológicas** para los tratamientos de la diálisis tanto hospitalarios como domiciliarios, **asegurando que todos los pacientes puedan acceder a ellas y reducir las actuales diferencias entre regiones**, como por ejemplo con el uso de la HDF-OL o la hemodiálisis domiciliaria. Por este motivo, y dado el progresivo crecimiento de pacientes renales que requieren este tipo de terapias, es de gran relevancia abordar esta cuestión desde todos los niveles y aprovechar las oportunidades que brinda la innovación tecnológica para asegurar la calidad y la sostenibilidad del SNS (**Figura 1**).

1 | Introducción

Actualmente en España, unos 4 millones de personas, cerca del 10% de la población, sufren ERC⁽¹⁾. Una mayor esperanza de vida y el aumento de la prevalencia de enfermedades como la diabetes y la hipertensión, principales causas de la enfermedad renal, favorecen el incremento de casos de esta enfermedad.

La ERC se divide en cinco estadios de creciente gravedad definidos por la función renal del paciente. Es en el estadio 4 y, sobre todo, en el 5 cuando el paciente necesita un tratamiento renal sustitutivo (TRS) para sobrevivir, como diálisis o trasplante de riñón. Aproximadamente unas 55.000 personas en España se encuentran en TRS⁽¹⁾.

Desde el año 2007 la prevalencia de pacientes en TRS ha aumentado un 3%, y se estima que cada año aproximadamente unos 6.000 nuevos pacientes entran en estas terapias⁽¹⁾. Las innovaciones tecnológicas de los últimos años en los distintos tratamientos han sido fundamentales para el aumento de la supervivencia, siendo cada vez mayor el número de pacientes que reciben algún tipo de tratamiento renal sustitutivo.

El presente informe tiene como objetivo describir los puntos clave de las tecnologías, así como identificar y analizar los beneficios cualitativos y cuantitativos que aporta la innovación tecnológica en los tratamientos de diálisis. Además, se analiza la situación actual de la ERC en España, destacando los principales tratamientos y los puntos clave de la atención al paciente, así como los principales retos asociados.

Las tecnologías objetivo del estudio son cinco:

- Tratamiento de agua.
- Monitores de hemodiálisis en centro (HD) y domiciliaria (HDD) y diálisis peritoneal (DP).
- Biosensores.
- Dializadores.
- Software de gestión del paciente renal.

Para su elaboración, se ha contado con la participación de un comité asesor formado por profesionales médicos de la Sociedad Española de Nefrología (S.E.N.) expertos en las distintas tecnologías sanitarias. Además, se han realizado entrevistas a los principales agentes involucrados en la ERC, incluyendo a asociaciones de pacientes (ALCER –Federación Nacional de Asociaciones para la Lucha Contra las Enfermedades del Riñón–) y gestores de salud (SEDISA –Sociedad Española de Directivos de la Salud–). De igual forma, se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la bibliografía disponible tanto a nivel nacional como internacional, de las cuales 86 han sido referenciadas directamente en el informe.

El informe se estructura de la siguiente manera: en el segundo apartado se presenta la ERC, incluyendo los distintos tratamientos, tanto hospitalarios como domiciliarios, los puntos clave y los principales retos de la atención al paciente renal en España. En el tercer capítulo, se introducen las distintas tecnologías aplicadas en el tratamiento del paciente renal y, del cuarto al octavo, se realiza un análisis exhaustivo de los objetivos y características de las distintas tecnologías, así como de los beneficios cualitativos y cuantitativos aportados por cada una de ellas a los principales agentes del sistema: pacientes, profesionales y gestores sanitarios. Por último, se presentan las principales conclusiones del informe.

2 | Principales aspectos de la enfermedad renal crónica

2.1. ¿Qué es la enfermedad renal crónica?

La enfermedad renal crónica (**Figura 2**) se define como la alteración de la estructura y función renal causada por un conjunto de enfermedades heterogéneas⁽¹⁾. Como consecuencia, los riñones pierden su capacidad para eliminar las toxinas urémicas, concentrar la orina y conservar o producir determinados componentes esenciales en la sangre.

La diabetes, la hipertensión arterial, la enfermedad glomerular y la enfermedad renal poliquística representan las cuatro principales causas de la enfermedad, siendo la diabetes y la hipertensión arterial responsables de dos tercios de los casos^(12;13). Entre los factores de riesgo se encuentran la edad avanzada, antecedentes familiares de ERC, obesidad, bajo peso al nacer, masa renal disminuida y pertenecer a ciertas minorías étnicas⁽¹⁾.

La ERC con frecuencia se desarrolla lentamente, considerándose una enfermedad silenciosa porque sus síntomas son sutiles⁽¹⁾. Los más frecuentes son cambios en la orina, fatiga, hinchazón de manos y/o pies y dificultad para respirar, los cuales aparecen cuando la enfermedad es muy avanzada.

El desarrollo progresivo que caracteriza la enfermedad puede retrasar su diagnóstico, dado que con frecuencia suele ser asintomática y en muchos casos se detecta de forma fortuita o como consecuencia de la evaluación de otras comorbilidadesⁱ, como diabetes o hipertensión. Para detectarla se debe evaluar la creatininaⁱⁱ con la tasa de filtrado glomerularⁱⁱⁱ y la albuminuria^{iv}.

El avance de la enfermedad renal crónica se define en cinco estadios según el nivel de evolución, divididos en función de la tasa de filtrado glomerular (**Figura 3**). Debido al carácter crónico, es necesario seguir un tratamiento para reducir la progresión y evitar las complicaciones propias de ésta. En este sentido, en las etapas más avanzadas, los únicos tratamientos que mantienen con vida a los pacientes son el trasplante y la diálisis.

Figura 2. Datos clave de la enfermedad renal crónica



ⁱ Presencia de enfermedades coexistentes o adicionales en relación con el diagnóstico inicial.

ⁱⁱ Residuo orgánico que generalmente se elimina por la orina, según su aclarado se puede identificar una insuficiencia renal.

ⁱⁱⁱ Volumen de filtración de la sangre realizado por el riñón.

^{iv} Proteína en la sangre que si se encuentra presente en la orina, significa que los riñones no funcionan bien.

Figura 3. Estadios de la enfermedad renal crónica

Estadio	Signos o síntomas	Tratamiento	
1 Estadio 1	▶ > 90 ml/min/$1,73\text{ m}^2$ ▶ Presión arterial alta, infecciones del tracto urinario, análisis de orina anormal	▶ Diagnóstico y tratamiento de la causa subyacente de la nefropatía crónica ▶ Tratamiento de las enfermedades concomitantes, acciones para ralentizar la progresión y la reducción del riesgo de ECV	Enfermedad renal en etapa temprana
2 Estadio 2	▶ Entre 60 y 89 ml/min/$1,73\text{ m}^2$ ▶ Presión arterial alta, infecciones del tracto urinario, análisis de orina anormal	▶ Evaluación y prevención de la progresión de la enfermedad	
3 Estadio 3A Estadio 3B	▶ Entre 45 y 59 ml/min/$1,73\text{ m}^2$ ▶ Entre 30 y 44 ml/min/$1,73\text{ m}^2$	▶ Evaluación y tratamiento de las complicaciones causadas por la insuficiencia renal crónica	
4 Estadio 4	▶ Entre 15 y 29 ml/min/$1,73\text{ m}^2$ ▶ Complicaciones graves, tales como anemia, presión arterial alta y enfermedades óseas	▶ Información al paciente de todos los tratamientos disponibles ▶ Preparación del paciente para el tratamiento renal sustitutivo	Enfermedad renal en etapa tardía
5 Estadio 5	▶ < 15 ml/min/$1,73\text{ m}^2$ ▶ Uremia, anemia, desnutrición, hiperparatiroidismo, presión arterial alta, hinchazón de manos/piernas/ojos y dificultad para respirar	▶ Tratamiento renal sustitutivo	Enfermedad en el último estadio

Fuente: KDIGO: Kidney Disease: Improving Global Outcomes, EY. Modelos de reembolso innovadores para el tratamiento de diálisis. Un caso práctico: la Comunidad Valenciana. España: Ernst & Young; 2012; Fernández M, Teruel JL. Técnicas de hemodiálisis. Nefrología [Internet]. 2016 [citado 18 oct 2016]; Análisis EY.

En general, durante las dos primeras etapas no se experimentan signos o síntomas de daño renal y sólo puede ser detectada como un aumento de la creatinina en la sangre. Esto determina el retraso a la hora de diagnosticar la enfermedad durante los primeros estadios. Una vez diagnosticada y en las fases más tempranas, una dieta adecuada y un tratamiento farmacológico pueden ayudar a mantener el equilibrio, ya que el riñón no puede filtrar sustancias y la acumulación de éstas resulta nociva. Cuando avanza la enfermedad se empiezan a apreciar signos y síntomas relacionados con la insuficiencia renal, como desnutrición, dolor óseo, etc.

A medida que la enfermedad evoluciona, es frecuente la aparición de síntomas más notables o graves. Complicaciones como anemia, hipertensión y enfermedades óseas aparecen con la progresión de la misma. Durante estas etapas más avanzadas, el paciente debe ser preparado para el comienzo del tratamiento renal sustitutivo (TRS), ya sea diálisis o trasplante.

El estadio final de la enfermedad renal crónica tiene lugar cuando ambos riñones pierden su funcionalidad, por lo que se requiere un tratamiento de sustitución para sobrevivir. Este estadio se denomina estadio 5 (5D si el paciente está en diálisis o 5T si es trasplantado)⁽¹⁴⁾.

22. Tratamientos



El funcionamiento alterado de los riñones requiere, en la mayoría de los pacientes, un tratamiento que sustituya su función y mantenga vivo al paciente. En la actualidad se dispone de dos tipos: la diálisis y el trasplante de riñón. Teniendo en cuenta que cada vez es mayor el número de pacientes en edad avanzada y con comorbilidades, la supervivencia de los pacientes en TRS a 5 años es del 57%⁽²⁾. Además de estos dos tratamientos, en aquellos pacientes de edad muy avanzada y con patologías asociadas existe la posibilidad de elegir un tratamiento conservador.

En España, el TRS más utilizado es el trasplante de riñón, alcanzando el 52,5% de todos los pacientes en 2015⁽²⁾, y a su vez es el que supone el coste más elevado (50.000 € por paciente el primer año), aunque se amortiza tan solo un año después del trasplante⁽¹⁾.

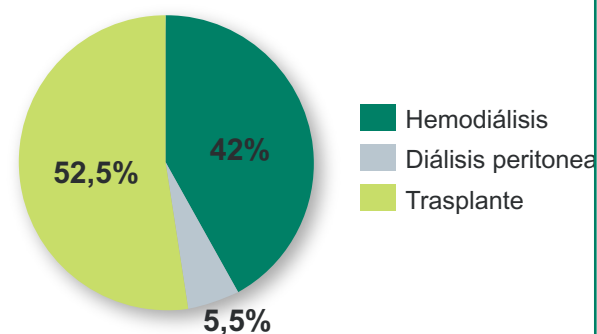
En cuanto a la terapia de diálisis, esta realiza una función similar a la del riñón, filtrando la sangre del paciente de toxinas y eliminando el exceso de líquido. La elección del tipo de diálisis se realiza de manera compartida entre el paciente y el profesional de acuerdo

con la Ley 41/2002, de 14 de noviembre⁽¹⁵⁾, tras la realización de un adecuado proceso de información y educación, teniendo en cuenta la condición médica del paciente, sus preferencias y estilo de vida⁽¹⁶⁾.

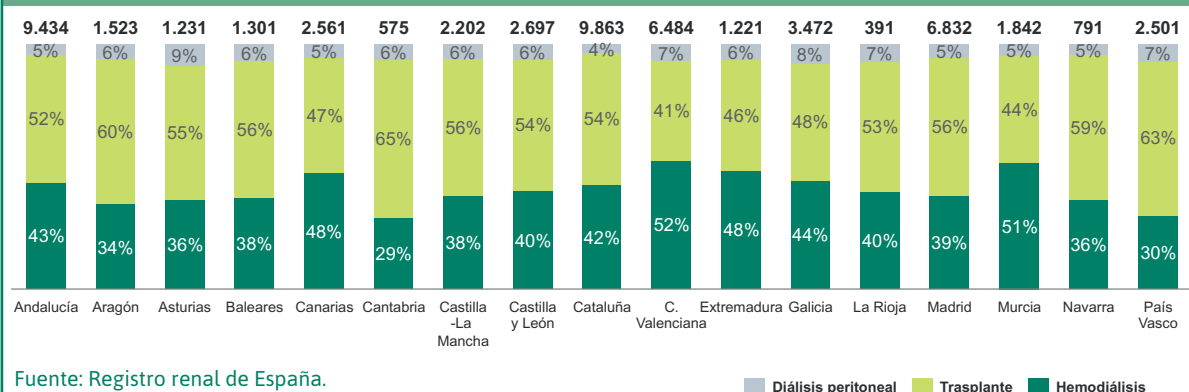
Existen dos modalidades de diálisis, la hemodiálisis o la diálisis peritoneal, las cuales se diferencian por la técnica utilizada para la depuración de la sangre. Según el lugar donde se realiza la diálisis puede ser hospitalaria, desarrollada en un hospital o centro especializado, o bien domiciliaria, llevada a cabo en el domicilio del paciente. La hemodiálisis puede ser tanto hospitalaria como domiciliaria y la diálisis peritoneal se plantea siempre como domiciliaria, aunque en los casos de hospitalización puede realizarse en el entorno hospitalario.

La técnica de diálisis más empleada es la hemodiálisis, ya que representa el 42%, frente al 5,5% de pacientes que reciben la diálisis peritoneal (**Figura 4**), siendo solo un 0,3% la penetración de la hemodiálisis domiciliaria entre todos los pacientes en diálisis⁽¹⁷⁾. Los costes medios asociados a estas terapias son aproximadamente 46.660 € en hemodiálisis y 32.432 € en diálisis peritoneal

Figura 4. Distribución del uso de tratamientos renales sustitutivos en España, 2015



Fuente: Registro renal de España.

Figura 5. Distribución del uso de tratamientos renales sustitutivos en España por CCAA, 2014

anuales y por paciente⁽⁴⁾. En hemodiálisis domiciliaria, aún no se han desarrollado estudios que cuantifiquen los costes en España; sin embargo, para Canadá se realizó un estudio que los estimaba en 14.744 €^v con sesiones tres días a la semana por año y paciente y 22.788 € con sesiones seis días a la semana por año y paciente⁽¹⁸⁾.

Existen diferencias significativas respecto a la modalidad de TRS utilizado entre las comunidades autónomas, tal y como se observa en la **Figura 5**. Los expertos apuntan que no existe una razón concreta que justifique los diferentes usos de las técnicas entre las regiones.

De esta manera, Cantabria y el País Vasco destacan por ser las comunidades que tienen un mayor porcentaje de pacientes trasplantados (65% y 63%, respectivamente). A su vez, son las que tienen una menor proporción de pacientes en hemodiálisis, un 29% y 30% de los pacientes que siguen un TRS. Por otro lado, el tratamiento de hemodiálisis es el más empleado en pacientes de la Comunidad Valenciana y Región de Murcia, con una penetración del 52% y 51%, respectivamente. Finalmente, las regiones donde más porcentaje de pacientes con ERC reciben diálisis peritoneal son Principado de Asturias (9%) y Galicia (8%).

^v 22.000 CDN y 34.000 CDN. 0,67 EUR/CDN. Expansión (09/05/2017).

Detalle técnico

Principios físicos

Difusión. Proceso por el cual las concentraciones de dos soluciones se equiparan de forma pasiva debido al paso de los solutos a través de una membrana semipermeable⁽⁸⁵⁾.

Convección (ultrafiltración+solutos). Proceso por el cual, tras aplicar una presión hidrostática a una solución, se consigue el paso forzado de agua y solutos hacia otra solución a través de una membrana semipermeable⁽⁸⁵⁾. El ultrafiltrado es el líquido extraído de la sangre a través de la membrana por este mecanismo.

Adsorción. Proceso por el cual moléculas de una sustancia son retenidas en la superficie de otra⁽⁸⁵⁾.

Hemodiálisis

Depuración extracorpórea de la sangre que consiste en interponer una membrana sintética (dializador) entre la sangre y el líquido de diálisis. De esta forma se suplen las funciones de excreción de agua y solutos, así como la regulación del equilibrio ácido-base y electrolítico.

Hemodiafiltración en línea

Líquido de diálisis. Líquido que se fabrica a partir de agua pura o ultrapura y concentrados en el monitor de diálisis y se emplea para la depuración de la sangre.

Líquido de sustitución. Líquido que se infunde a la sangre del paciente para reponer el volumen convectivo ultrafiltrado. Solo se usa en técnicas de hemofiltración y hemodiafiltración.

Hemodiafiltración en línea. Técnica de hemodiálisis que combina los principios de difusión y convección. Utiliza tasas de ultrafiltración altas para conseguir un alto volumen convectivo y con ello la eliminación de moléculas medianas y grandes. Parte del volumen extraído se repone con líquido de sustitución de alta calidad. Este lo fabrica el monitor a partir del propio líquido de diálisis de manera instantánea sin necesidad de almacenamientos de sueros externos.

Figura 6. Tipos de modalidades de tratamiento en hemodiálisis

		Tipos		Descripción	
Convección	Reinfusión > 15 l	Hemodiafiltración (HDF)	Hemodiálisis de bajo flujo	La membrana se caracteriza por ser de baja permeabilidad y con un tamaño de poros pequeño	
			Hemodiálisis de alto flujo	Mejora de la anterior técnica de diálisis a través de una membrana de alta permeabilidad con poros de tamaño mediano y grande	
			Biofiltración o hemodiafiltración convencional	El aclaramiento de pequeñas y medianas moléculas es intermedia entre la hemodiálisis y la hemofiltración. La reinfusión del líquido se realiza con un volumen inferior a 2 litros/hora	
			Biofiltración sin acetato (AFB)	El líquido de diálisis utilizado no contiene ni acetato ni bicarbonato. El líquido de sustitución es una solución con bicarbonato de entre 6 y 12 litros	
			Diálisis con regeneración del ultra filtrado (HFR)	El líquido de sustitución es el propio líquido de ultrafiltración que se filtra a través de un cartucho absorbente	
			Hemodiafiltración en línea (HDF-OL)	El líquido de sustitución es el líquido de diálisis fabricado continuamente por el monitor y se infunde directamente en la sangre del paciente	
			Hemofiltración	La sangre que pasa por el dializador se filtra sin usar líquido de diálisis y aquel volumen extraído, se sustituye por el líquido de sustitución	

Fuente: EY. Modelos de reembolso innovadores para el tratamiento de diálisis. Un caso práctico: la Comunidad Valenciana. España: Ernst & Young; 2012; Fernández M, Teruel JL. Técnicas de hemodiálisis. Nefrología [Internet]. 2016 [citado 18 oct 2016]; Análisis EY.

Hemodiálisis

La extracción de sangre del organismo del paciente para filtrarla por un dispositivo llamado *dializador* recibe el nombre de *hemodiálisis*. La sangre fluye por el interior del dializador formado por múltiples capilares, y por el exterior de estos pasa el líquido de diálisis. Se produce un intercambio de toxinas y agua entre la sangre y el líquido de diálisis, sustituyéndose así la función del riñón. Esta técnica se puede desarrollar tanto en el centro especializado u hospital como en el domicilio⁽¹⁹⁾.

Los procesos físicos en los que se basa la hemodiálisis son la difusión y la convección. Dependiendo del grado de difusión y del grado de convección alcanzado en el proceso se pueden diferenciar hasta siete tipos de tratamientos de HD (**Figura 6**)⁽²⁰⁾.

En función de las características del dializador, flujo de sangre y tipo de transporte de solutos se definen diferentes terapias.

La hemodiálisis de bajo flujo usa la difusión como principio físico para la eliminación de toxinas urémicas. Para ello, el dializador utilizado consta de una membrana de baja permeabilidad hidráulica^{vi}.

La hemodiálisis de alto flujo se fundamenta en el uso de la difusión y la convección. Para ello, se utilizan dializadores con membranas de alta permeabilidad hidráulica.

En la actualidad, la hemodiálisis de alto flujo es la más utilizada en la mayoría de unidades de diálisis, ya que representa en torno al 80-90% de las hemodiálisis realizadas en España.

Por último, dentro de las técnicas convectivas se pueden diferenciar dos tipos en función del proceso físico que predomine:

- Hemofiltración: terapia que lleva a cabo mayoritariamente un proceso de convección.
- Hemodiafiltración (HDF): combina ambos procesos físicos de la manera más eficiente. Cuando la reposición del líquido ultrafiltrado se realiza con líquido ultrapuro generado por el propio monitor, se conoce como *hemodiafiltración en línea* (HDF-OL).

La modalidad más eficiente en el uso de la difusión y la convección es la HDF. Gracias a la combinación más eficiente de estos principios físicos, se produce una mejor eliminación de toxinas urémicas, donde por difusión se eliminan moléculas de pequeño tamaño y por convección de mediano y gran tamaño.

La técnica de HDF-OL ha supuesto un gran avance en la calidad y la eficacia del tratamiento de hemodiálisis.

Requiere un líquido de diálisis ultrapuro y una membrana con alta permeabilidad. Se ha demostrado que los pacientes tratados con HDF-OL con altos volúmenes convectivos presentan una reducción del 30% en la mortalidad global, un 33% en la mortalidad cardiovascular y un 55% en la mortalidad por infección, además de una reducción de un 22% del riesgo de hospitalizaciones⁽⁴⁾.

En España, la proporción de pacientes que reciben HDF-OL ha aumentado considerablemente en los últimos años, aproximadamente en un 20-30%⁽²¹⁾. Este aumento se ha debido a la mejora tecnológica en la producción del líquido de diálisis y al aumento de evidencia científica que avala la eficiencia del tratamiento (ESHOL, DOPPS, CONTRAST, TURKISH y EUDIAL). Sin embargo, los nefrólogos destacan que su introducción presenta diferencias entre regiones. Uno de los objetivos principales es potenciar esta técnica y, en este sentido, tras el estudio ESHOL algunas regiones han llevado a cabo diferentes acciones en los últimos años para incrementar de manera significativa la proporción de pacientes en hemodiálisis tratados con HDF-OL.

Estas técnicas definidas, tal y como se ha mencionado previamente, se pueden realizar tanto en centro u hospital como en el domicilio del paciente. Este último caso, a diferencia de la hemodiálisis en centro, es prácticamente residual, ya que solo el 0,3% de los pacientes que reciben diálisis lo llevan a cabo en su domicilio con hemodiálisis⁽¹⁷⁾, aunque se prevé un crecimiento de su empleo gracias al mayor conocimiento de las nuevas tecnologías introducidas, que facilitan el tratamiento de diálisis en el domicilio.

^{vi} Paso de las moléculas a través de la membrana.

El motivo por el cual no se emplea tanto como la hospitalaria es la baja diseminación de esta modalidad. Sin embargo, en los últimos años ha incrementado debido a la introducción de dispositivos que facilitan la formación y aportan mayor seguridad. La implementación de esta técnica requiere el conocimiento y la especialización por parte del personal sanitario involucrado en el tratamiento. No solo eso, sino que es esencial la creación de una unidad dedicada exclusivamente y dotarla de los recursos necesarios. En este mismo sentido, los pacientes aún no tienen pleno conocimiento de la modalidad y las alternativas que esta proporciona.

Diálisis peritoneal

El procedimiento de sustitución renal que utiliza la membrana peritoneal como filtro recibe el nombre de *diálisis peritoneal*⁽²²⁾. Se introduce en la cavidad peritoneal una solución de diálisis^{vii} a través de un pequeño tubo flexible que previamente se ha implantado de manera permanente a través de cirugía⁽²³⁾. El tratamiento se realiza en el domicilio del paciente y, según si se realiza de manera manual o automática y el periodo del día en el que se lleva a cabo la sesión, se clasifica en dos tipos^(24;25):

■ Diálisis peritoneal continuada ambulatoria (DPCA) o diálisis peritoneal manual.

■ Diálisis peritoneal automatizada^{viii} (DPA) o diálisis peritoneal automática.

En la DPCA, el tratamiento consiste en un sencillo procedimiento manual de unos 20-30 minutos, que se repite tres o cuatro veces al día, dependiendo de las necesidades del paciente. Durante dicho procedimiento, el paciente reemplaza de forma manual la solución de diálisis que tenía en su cavidad peritoneal y que incorpora las toxinas y el exceso de líquido, con una nueva solución que permanecerá en su cavidad peritoneal hasta el siguiente intercambio, aunque en ocasiones pueden existir periodos con el abdomen vacío (periodos secos). La técnica se realiza en tres fases: drenaje, infusión y permanencia, acompañado de dos procesos de conexión y desconexión.

Por otro lado, la diálisis peritoneal automatizada utiliza un dispositivo o cicladora que realiza los intercambios de solución automáticamente mientras el paciente duerme. El intercambio se realiza habitualmente durante la noche, y consiste en tres fases automáticas: drenaje, infusión y permanencia; y dos manuales: conexión y desconexión. En función del esquema de tratamiento que se le ha prescrito al paciente, ofrece dos variedades:

■ Intermitente (día seco): durante el periodo diurno no se realiza la diálisis, quedando la cavidad peritoneal vacía de solución.

■ Continua (día húmedo): el tratamiento de diálisis se mantiene las 24 horas del día, de forma que la cavidad peritoneal siempre contiene solución de diálisis.

La diálisis peritoneal es una técnica que ofrece una mayor flexibilidad, ya que los pacientes no necesitan desplazarse a un centro u hospital para tratarse. Permite compaginar el tratamiento con las actividades habituales de los pacientes, como pueden ser el trabajo o los estudios. Por este hecho, suele ser

^{vii} Solución de diálisis caracterizada por el tampón y el agente osmótico.

^{viii} Ver Glosario técnico para más detalle.

la técnica más recomendada para los niños y para los pacientes que se encuentran en activo. Además, esta técnica preserva durante más tiempo la función renal residual del paciente, con todos los beneficios asociados que esto conlleva^(15,16). Por el contrario, se debe tener en cuenta que el peritoneo del paciente pierde su funcionalidad con el tiempo.

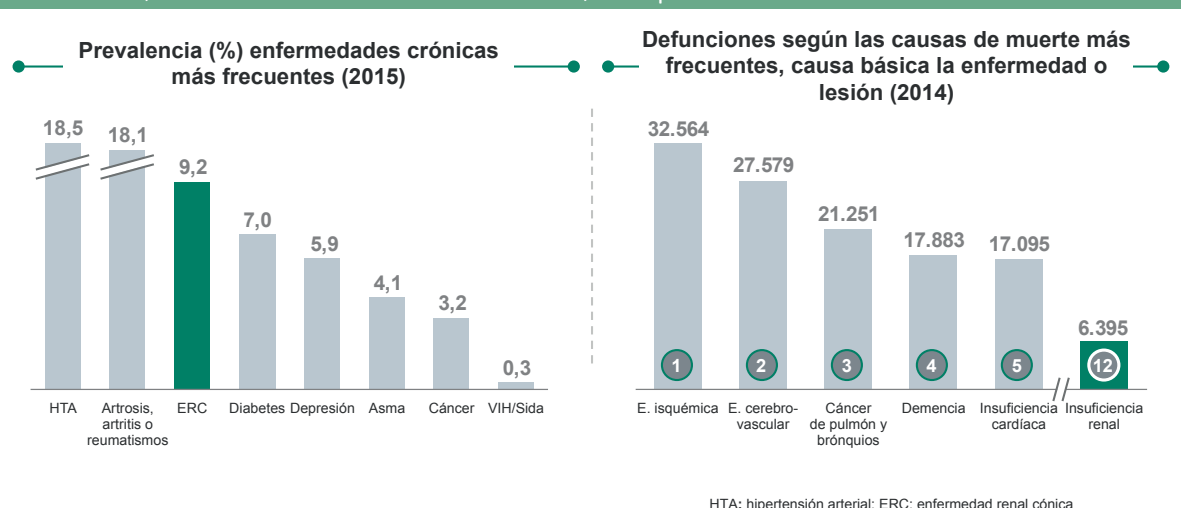
En los últimos estudios realizados, se ha demostrado que el empleo de esta técnica como terapia inicial y el posterior paso a hemodiálisis proporcionan la máxima supervivencia⁽⁵⁾. Esto ha sido posible gracias a la evolución tecnológica y a la innovación en soluciones de diálisis peritoneal a lo largo de los años. Asimismo, numerosos registros y publicaciones muestran un aumento significativo de la supervivencia⁽²⁶⁻²⁹⁾.

23. Estado actual de la ERC en España

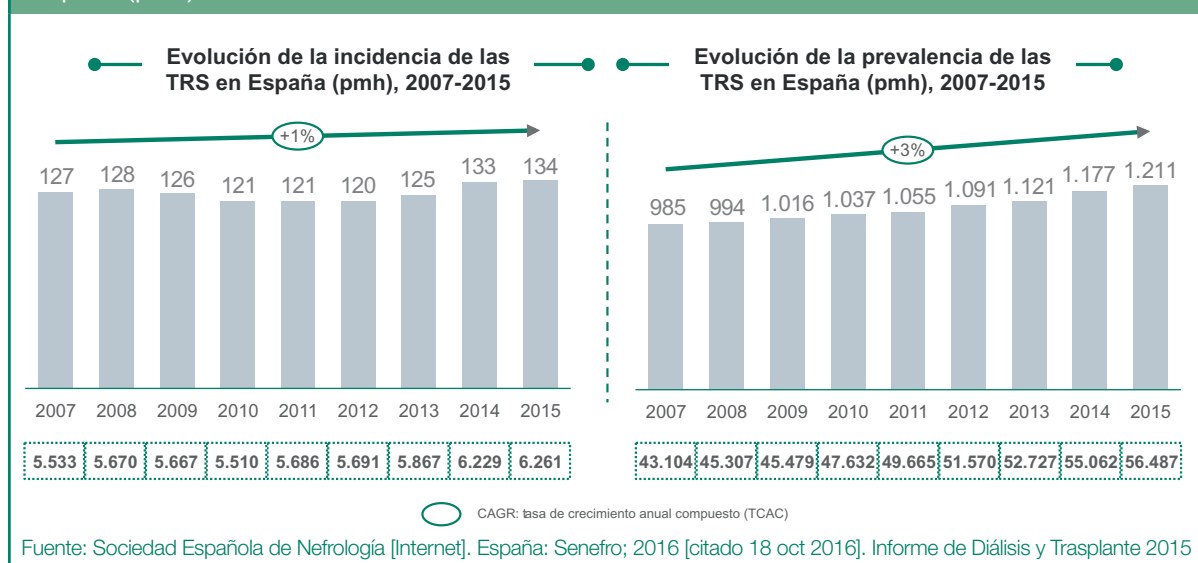
La ERC en España es una de las patologías más prevalentes (Figura 7). Actualmente afecta a cerca del 10% de la población española⁽¹⁾. La prevalencia de la ERC aumenta de forma progresiva con el envejecimiento (siendo del 22% en mayores de 64 años y del 40% en mayores de 80 años), y con otras enfermedades como la diabetes tipo 2, la hipertensión arterial y la arterioesclerosis⁽¹⁾.

A pesar de que gran parte de los pacientes que están en TRS son de edad avanzada, un número significativo se encuentra en edad laboral. De estos, solo el 33,3% se encuentra ocupado, siendo este porcentaje más elevado para los pacientes en diálisis peritoneal automatizada que en hemodiálisis en centro⁽³⁾. Así, los costes indirectos derivados de la pérdida de productividad ascienden a 6.547 € anuales por paciente

Figura 7. Prevalencia de las enfermedades crónicas y defunciones según las causas de muerte más frecuentes, causa básica la enfermedad o lesión, en España



Fuente: Estudio EPIRCE (Epidemiología de la Insuficiencia Renal Crónica en España); Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad. Informe anual del Sistema Nacional de Salud 2012 Edición revisada. Junio de 2015 [Internet]. España; 2015; Sociedad Española de Nefrología [Internet]. España; Senefro; 2016 [citado 18 oct 2016]. Informe de Diálisis y Trasplante 2015; Defunciones según la Causa de Muerte Año 2014 [Internet]. Instituto Nacional de Estadística; 2014; Análisis EY.

Figura 8. Evolución de la incidencia y prevalencia de los tratamientos renales sustitutivos en España (pmh)

para el caso de los que reciben hemodiálisis en centro, que se tienen que sumar a los costes directos asociados al tratamiento⁽³⁰⁾.

Por otro lado, esta enfermedad se asocia a una elevada mortalidad, siendo la duodécima causa de muerte del país (6.395 en 2014)⁽³¹⁾. Sin embargo, la enfermedad renal crónica en sí no es la principal causa de muerte de quienes la padecen, sino que eleva significativamente el riesgo de mortalidad por otras causas, siendo la enfermedad cardiovascular la más común⁽³²⁾.

Como se observa en la **Figura 8**, la evolución de la incidencia de los tratamientos renales sustitutivos ha seguido un crecimiento progresivo durante los tres últimos años tras un mínimo registrado en 2012, con 120 casos por millón de habitantes. Durante 2015, más de 6.000 nuevos pacientes fueron diagnosticados⁽²⁾.

Se espera que el número de pacientes en los estadios más avanzados de la enfermedad (estadios 4 y 5) siga aumentando como consecuencia del progresivo envejecimiento de la población, los avances en el diagnóstico precoz y una mayor supervivencia.

De igual manera, la prevalencia ha seguido un incremento gradual (3%). En torno a 55.000 personas se encuentran en el estadio 5 de la enfermedad con un tratamiento renal sustitutivo⁽²⁾.

La distribución regional de la prevalencia y la incidencia de la ERC no es homogénea, presentando diferencias significativas respecto las medias a nivel nacional (**Figura 9**). Las comunidades autónomas de Cataluña e Islas Baleares presentan la tasa más elevada de incidencia de pacientes en tratamiento renal sustitutivo, con 165 nuevos casos por millón de personas. Les siguen Asturias, Galicia y Navarra, con 161, 141 y 141 casos por millón de personas, respectivamente.

La mayoría de regiones se encuentran por debajo de la media nacional, situada en 134 casos por millón de personas, siendo el País Vasco y Castilla-La Mancha las regiones con la tasa más baja, con 98 y 109 casos, respectivamente.

En relación a la prevalencia, Cataluña también presenta la mayor tasa, con 1.366 casos por millón de personas. Seguidamente se encuentran las Islas Canarias, Comunidad Valenciana y Galicia, con 1.313, 1.310 y 1.296 por millón de personas, respectivamente.

La región de España que presenta una menor prevalencia de tratamientos renales sustitutivos es Cantabria, con 1.008 casos por millón de habitantes.

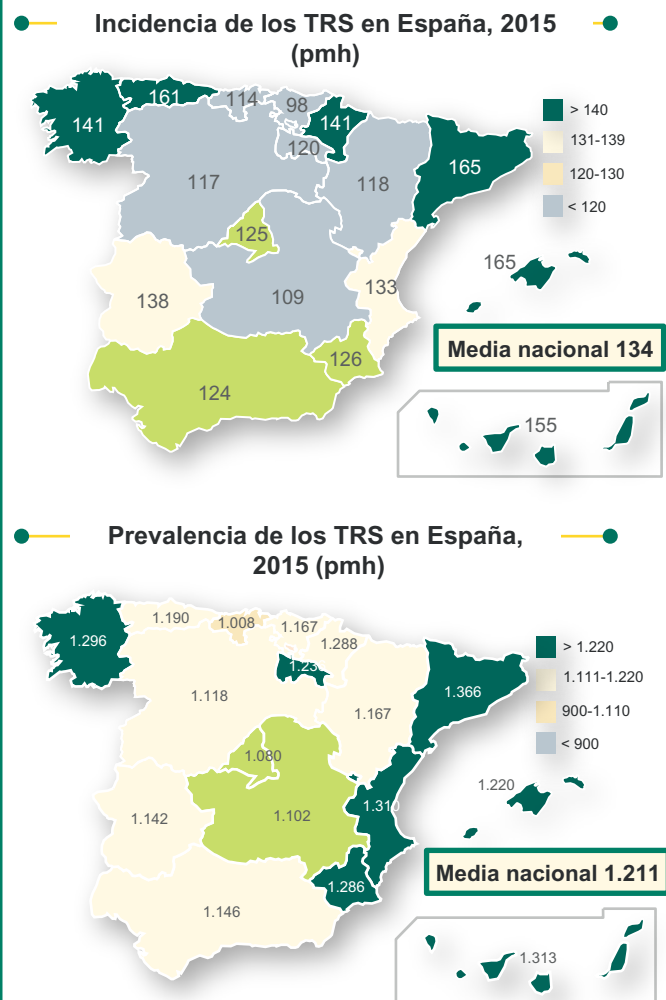
Debido a la tendencia creciente de la prevalencia e incidencia, los expertos prevén que el gasto de la enfermedad renal seguirá en aumento durante los próximos años. Según los datos de la Sociedad Española de Nefrología, se estima que los tratamientos renales sustitutivos consumen entre el 2,5% y el 3% del presupuesto del Sistema Nacional de Salud⁽¹⁾.

24. Asistencia al paciente renal

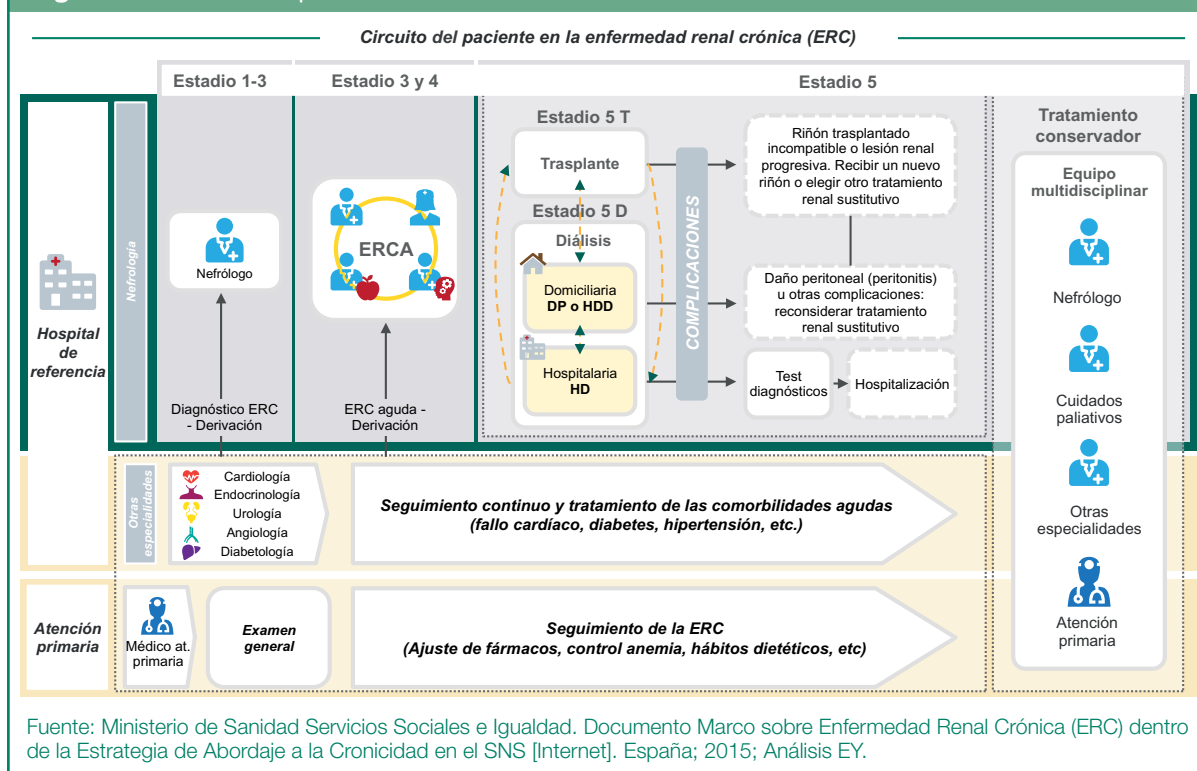
El Sistema Nacional de Salud cuenta con diversas estrategias a nivel nacional impulsadas por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad para el abordaje de diferentes enfermedades crónicas. Sin embargo, a pesar del impacto que supone, hasta el 2015 no se definió una estrategia específica para la ERC con el Documento Marco sobre la Enfermedad Renal Crónica dentro de la Estrategia de Abordaje a la Cronicidad en el SNS^(1,33). A nivel regional, y en línea con esta estrategia, varias comunidades autónomas están realizando e implementando planes de salud para el manejo de este tipo de pacientes.

El tratamiento de la ERC (**Figura 10**), sobre todo en los estadios más avanzados en los que se precisan tratamientos renales sustitutivos, es muy complejo y requiere la coordinación de los diferentes profesionales sanitarios para garantizar una adecuada calidad asistencial. El nefrólogo es el encargado de diagnosticar, definir el tratamiento y realizar el seguimiento del paciente. Enfermería tiene un papel clave en la educación e información, así como en el manejo del paciente en las sesiones de hemodiálisis y diálisis peritoneal.

Figura 9. Evolución de la incidencia y prevalencia de los tratamientos renales sustitutivos en España (pmh)



Fuente: Sociedad Española de Nefrología [Internet]. España: Senefro; 2016 [citado 18 oct 2016]. Informe de Diálisis y Trasplante 2015.

Figura 10. Circuito del paciente en la ERC

Diagnóstico

La ERC en los primeros estadios puede resultar asintomática, y en muchos casos se detecta durante la evaluación de otras comorbilidades, como la diabetes o la hipertensión o de forma fortuita.

Se define el diagnóstico de la ERC como la presencia durante al menos tres meses de al menos una de las siguientes situaciones⁽³⁴⁾:

- Filtrado glomerular (FG) inferior a 60 ml/min/1,73 m².
- Lesión renal, definida por la presencia de anomalías estructurales o funcionales del riñón, que puedan provocar potencialmente un descenso del FG.

Normalmente, el diagnóstico inicial se realiza en atención primaria (estadios tempranos) o en el servicio de nefrología, tras la derivación de los especialistas que tratan las distintas comorbilidades asociadas. El servicio de nefrología es el responsable de informar del tratamiento más adecuado a las condiciones médicas del paciente en sus consultas médico/enfermera, según el estadio de ERC en el que se encuentre. Con esta información, el paciente puede seleccionar el tratamiento que considere más adecuado a sus necesidades y forma de vida. Algunos centros de atención primaria realizan un seguimiento de los pacientes en etapas tempranas de la ERC.

Al ser una enfermedad que no presenta síntomas evidentes al inicio, gran parte de los pacientes son diagnosticados en las etapas avanzadas de la enfermedad. Los expertos apuntan que el diagnóstico precoz de la ERC es clave para retrasar la necesidad de un TRS y mitigar las comorbilidades en los

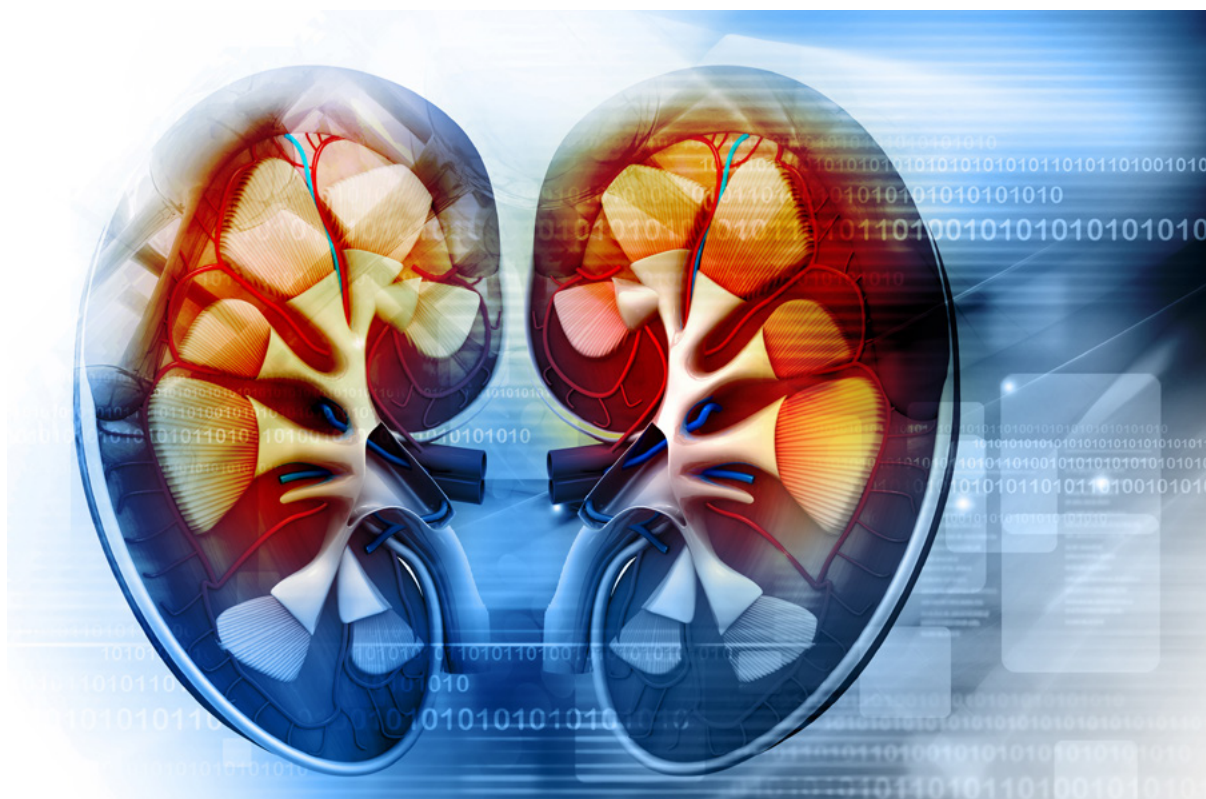
pacientes y, con ello, limitar las situaciones clínicas de emergencia que supongan sobrecostos del tratamiento asociado. Por otro lado, también se optimizarían las opciones de tratamiento, retrasando así el avance de la enfermedad.

Tratamiento

El tratamiento de la ERC en los primeros estadios se basa principalmente en un proceso educacional sobre la utilización de los fármacos adecuados y hábitos de vida saludables para mantener al paciente controlado y retrasar el máximo posible la progresión de la enfermedad⁽³⁵⁾.

La mayoría de los centros cuentan con una consulta de ERCA (Enfermedad Renal Crónica Avanzada)⁽³⁶⁾. El objetivo de esta consulta es el cuidado integral del paciente por un equipo multidisciplinar para retrasar la necesidad de un TRS. La prescripción del tratamiento más adecuado y el seguimiento del paciente lo realiza el nefrólogo, con el apoyo de los profesionales de enfermería y en coordinación con servicios complementarios, como psicología o nutrición.

Una vez el paciente es diagnosticado y la prescripción del especialista es el tratamiento renal sustitutivo (diálisis o trasplante), este recibe la información necesaria. Además, preferiblemente pasa por un proceso de educación con herramientas de ayuda en la toma de decisión para la elección de la modalidad de tratamiento que mejor se ajuste a sus preferencias y necesidades⁽³⁷⁾, siempre teniendo en cuenta no sólo su situación clínica⁽¹⁶⁾, sino también la situación personal y laboral del paciente⁽³⁾.



En este sentido, es de especial mención que no todos los pacientes con ERC son candidatos a trasplante renal, y una proporción de los mismos cambiará de tratamiento a lo largo de su enfermedad y con independencia de la terapia de inicio (HD, DP y Tx). De manera que, a pesar de que se inicie un tratamiento concreto, se puede cambiar indistintamente, ya que el paciente puede ser trasplantado o cambiar de terapia de diálisis siempre y cuando se presenten las condiciones clínicas y personales necesarias.

El papel que desempeña enfermería es clave en la educación del paciente para la toma de decisión del TRS y, en función de la técnica escogida, en la educación sobre cómo autogestionar la enfermedad. Asimismo, la función de los trabajadores sociales tiene una especial relevancia, ya que estos tratamientos impactan significativamente en el ámbito personal y laboral del paciente, requiriendo apoyo en cuestiones sociales y administrativas.

Si la elección es hemodiálisis en centro, el tratamiento se recibe habitualmente en el hospital o en un centro especializado, generalmente tres veces por semana. Los profesionales de enfermería se encargan de llevar a cabo el tratamiento y de gestionar con el paciente una educación continuada del progreso de su enfermedad acorde a las prescripciones clínicas pautadas por el nefrólogo⁽³⁸⁾.

En el caso de que la elección del paciente sea diálisis peritoneal o hemodiálisis domiciliaria, el tratamiento se lleva a cabo en el domicilio del paciente. En el centro de referencia existe la unidad correspondiente, donde el médico prescribe la pauta de tratamiento y realiza el seguimiento clínico, y donde una enfermera especializada se encarga de formar al paciente o al cuidador de cómo debe realizar el tratamiento y los cuidados pertinentes, además de recibir toda la información necesaria y consejos prácticos para llevar a cabo el tratamiento de manera correcta y segura en el domicilio.

La formación de hemodiálisis domiciliaria siempre se realiza desde la unidad de nefrología por el personal asistencial especializado en esta modalidad de tratamiento. Cabe destacar, no obstante, que algunos centros solo disponen de unidades de hemodiálisis en centro y de diálisis peritoneal. Así, en muchos casos, la hemodiálisis domiciliaria se maneja desde la unidad de hemodiálisis en centro, lo que dificulta que se introduzca esta técnica y se lleve a cabo la formación, control y seguimiento del paciente teniendo en cuenta las necesidades concretas e individuales derivadas del tratamiento.

Una unidad de hemodiálisis domiciliaria está formada por profesionales sanitarios, tanto nefrólogos como de enfermería, especializados en la técnica a través de la experiencia. Esta unidad proporciona un servicio de atención de 24 horas para los pacientes, ya que estos realizan una sola visita mensual. Además, con el objetivo de evaluar el domicilio del paciente como apto para el desarrollo de la técnica, un profesional de la unidad realiza una visita al domicilio del paciente. En este sentido, los expertos apuntan que sería positivo poder disponer de un especialista que realice visitas periódicas a los pacientes en su domicilio.

Por otro lado, en pacientes ancianos con unas características específicas y cuando así lo elijan se puede optar por un tratamiento conservador, el cual se maneja por un equipo multidisciplinar formado por especialistas de nefrología, cuidados paliativos y atención primaria.

Control y seguimiento

El nefrólogo es el responsable de realizar el control y seguimiento del paciente. Adicionalmente, las diferentes comorbilidades se siguen y controlan por el especialista apropiado, siempre en coordinación con el servicio de nefrología.

Debido a la complejidad de esta enfermedad, es clave el poder contar con un equipo multidisciplinar. Profesionales especializados, como nutricionistas, psicólogos, cuidados paliativos, médicos de atención primaria y servicios sociales, entre otros, son necesarios para proporcionar una atención holística al paciente renal. Así, es imprescindible la atención al paciente renal tanto desde el punto de vista médico como desde el social y emocional. En este sentido, se ha demostrado que poder mantener la actividad laboral en estos pacientes impacta directamente en la calidad de vida, repercutiendo en muchos casos en un mejor estado emocional⁽³⁾.

La mayoría de los profesionales coinciden en que la coordinación adecuada de un equipo multidisciplinar que potencie la coordinación entre especialistas y aumente la prestación de atención complementaria es necesaria para incrementar la calidad asistencial.

Especialistas y gestores apuntan, además, que la interacción y coordinación con atención primaria debe ser prioritaria, sobre todo en patologías que puedan derivar en una enfermedad renal, donde la educación al paciente es fundamental (diabetes e hipertensión). Asimismo, en las fases más tempranas de la enfermedad, el paciente debe ser derivado a nefrología lo antes posible para llevar a cabo el seguimiento y su educación.

Potenciar la especialización y el papel de enfermería también es uno de los principales retos del manejo de estos pacientes. Aunque en muchos centros se ha avanzado en el desarrollo de enfermería especializada en atención al paciente renal, en otros aún existe camino por recorrer en esta área. En esta línea, sociedades como EDTNA (*European Dialysis and Transplant Nurses Association*) y SEDEN (Sociedad Española de Enfermería Nefrológica) trabajan para desarrollar una enfermería especializada en atención al paciente renal, contribuyendo al progreso científico y a la investigación y proporcionando formación continuada que permita la especialización necesaria para este grupo de profesionales.

3 | Introducción a las tecnologías sanitarias de diálisis

Las técnicas y dispositivos empleados en el tratamiento de los pacientes de ERC han experimentado una gran evolución en los últimos años. Paralelamente, la incorporación de nuevas tecnologías está haciendo posible la personalización y optimización de los tratamientos según las necesidades y características clínicas de los pacientes.

Cabe destacar que la diálisis es esencial para la supervivencia de los pacientes con ERC en estado avanzado que requieren de un TRS. Asimismo, un buen tratamiento de diálisis es clave para que todos los pacientes tengan siempre el tratamiento más adecuado y para que los candidatos a trasplante lleguen en las mejores condiciones médicas a la intervención quirúrgica.

En este sentido, es de mención que España lidera las donaciones y los trasplantes de órganos a nivel mundial, entre estos, el trasplante renal es el más común, representando el 62,1% (2.994 trasplantes renales) de todos los trasplantes en 2016⁽¹¹⁾. De este modo, la incorporación de nuevas tecnologías en el tratamiento de diálisis contribuye a los buenos resultados obtenidos en los trasplantes renales, considerados entre los más coste-efectivos⁽¹¹⁾.

En España, aproximadamente un 50% de los pacientes en TRS recibe un tratamiento de diálisis, por lo que es de vital importancia la introducción de dispositivos, técnicas y herramientas que optimicen el tratamiento para asegurar su máxima calidad. Estos avances proporcionan nuevas alternativas terapéuticas que mejoran los resultados en salud, reduciendo la mortalidad y las complicaciones asociadas, así como la calidad de vida de los pacientes.

Por otro lado, este avance asistencial ha ido unido al desarrollo de guías que aseguran el control y altos estándares de calidad. Son ejemplos la *EBPG guideline on dialysis strategies*, la guía KDOQI (*Kidney Disease Outcomes Quality Initiative*), las guías ISPD de la Sociedad Internacional de Diálisis Peritoneal, la guía para el diseño de una unidad de diálisis, la de gestión de calidad del líquido de diálisis o las de práctica clínica en diálisis peritoneal, éstas últimas elaboradas por la S.E.N.. Estas guías han impulsado la estandarización del tratamiento a nivel tanto nacional como internacional, facilitando el acceso de todos los pacientes a las terapias más innovadoras. No obstante, los expertos destacan la importancia de seguir avanzando en esta línea, introduciendo mecanismos que favorezcan su introducción y que aseguren el conocimiento para maximizar sus beneficios y la seguridad del paciente. Actualmente, no todos los centros cuentan con el mismo nivel tecnológico, por lo que no todos los pacientes se pueden beneficiar de estos avances.

Detalle de la evolución tecnológica

La evolución de la diálisis ha seguido una trayectoria de constante desarrollo desde que, en 1861, un químico británico de origen escocés, Tomas Graham, definió por primera vez el término *diálisis*. Lo describió como el proceso en el que solo los cristaloides (moléculas pequeñas) de la orina pasaban a través de una membrana semipermeable compuesta por un parche vegetal, y los coloides (moléculas medianas y grandes) quedaban retenidos por ésta. Se definió como un proceso para separar las moléculas⁽²⁶⁾.

Sin embargo, la aplicación práctica no tuvo lugar hasta 50 años más tarde. La primera diálisis tuvo lugar por primera vez en los años 40 y para el tratamiento de ERC en los 60. Durante este periodo de tiempo, la terapia de diálisis se consideraba peligrosa y cara, las infecciones abundaban y no se disponía de anticoagulantes. De todos modos, las ventajas que podría proporcionar la terapia a los pacientes fomentaron el desarrollo de la técnica y la incorporación de nuevas tecnologías para la mejora del tratamiento.

Asimismo, la aplicación de estas guías y recomendaciones requiere la participación de profesionales sanitarios especializados y formados en los avances y el funcionamiento de estas tecnologías. De igual manera, es muy importante contar con personal cualificado en la adquisición, gestión y mantenimiento de los equipos para garantizar la calidad de la asistencia a los pacientes ⁽³⁹⁾.

La provisión de un tratamiento de calidad para pacientes de ERC es una cuestión que debe ser prioritaria para los diferentes agentes, dado el crecimiento progresivo de pacientes que requieren TRS para sobrevivir. Así, la provisión de un tratamiento de calidad va estrechamente ligada a la inversión en nuevas tecnologías. A modo de ejemplo, no es posible realizar HDF-OL sin un tratamiento de agua moderno y sin dializadores de alta permeabilidad. Estos son a su vez claves para la mejora del estado diario de los pacientes y la reducción de complicaciones a largo plazo (**Figura 11**).

A continuación se detallan las características de las principales tecnologías empleadas en la diálisis, tanto en hemodiálisis como en diálisis peritoneal. En concreto, el análisis se centra en plasmar la evolución, puntos clave y retos de cinco tecnologías: tratamiento de agua; monitores de hemodiálisis en centro y domiciliaria y cicladora de diálisis peritoneal; biosensores; dializadores; y, finalmente, el software de gestión del paciente renal. Asimismo, se examinan en detalle los beneficios cuantitativos y cualitativos asociados a cada una de ellas, y que impactan directa o indirectamente en pacientes, profesionales y gestores sanitarios.

Cabe destacar que son las principales tecnologías que conforman el tratamiento, pero no se debe dejar de considerar la importancia de otros elementos que se integran en la tecnología y en el tratamiento, como son los fungibles, el sistema centralizado de ácidos y las soluciones, entre otros. El avance tecnológico de estos productos ha permitido desarrollar nuevos materiales más biocompatibles, con mayores elementos de seguridad para el paciente y profesionales y medioambientalmente más sostenibles.



4 | Tratamiento del agua

Objetivo

Tratar el agua de aporte para obtener un nivel de calidad de agua que garantice la producción de líquido de diálisis ultrapuro y que cumpla con los estándares definidos en la Guía de Gestión de Calidad del Líquido de Diálisis de la Sociedad Española de Nefrología.

4.1 Introducción

La técnica del tratamiento de agua ha evolucionado significativamente en los últimos años. Esto ha sido fundamental debido a la importancia que tiene el agua para el tratamiento de diálisis, puesto que el agua de la red no se puede emplear por los múltiples contaminantes que contiene. Estos son aptos para el consumo por vía oral, pero no para el contacto directo con la sangre que se produce durante el tratamiento.

Los sistemas de tratamiento de agua han evolucionado con el tiempo, estableciéndose como una condición *sine qua non* y, por ende, dirigiéndose los esfuerzos a controlar y alcanzar altos niveles de calidad del líquido de diálisis. Para ello, se inició un proceso de mejora del sistema. Al principio, se encaminó a prevenir el síndrome de agua dura^{ix} y contaminantes. Posteriormente, se orientó a evitar las intoxicaciones de los pacientes debido a toxinas como el aluminio, solucionado gracias a la introducción de la ósmosis inversa⁽²¹⁾, o las cloraminas^x, evitando la hemólisis^{xi} mediante la introducción del filtro de carbón.

En la actualidad, los esfuerzos se centran principalmente en la eliminación de las bacterias y endotoxinas^{xii}, ya que su paso hacia el paciente puede generar inflamaciones crónicas, que provocan morbilidad^{xiii} y mortalidad en los pacientes.

La tecnología se centra en la optimización y la sostenibilidad de los recursos. Algunos expertos apuntan que el uso de intercambiadores de calor para calentar la entrada de agua pura con el líquido de diálisis utilizado podría generar un ahorro importante en el consumo de energía, contribuyendo a la sostenibilidad del tratamiento.

Con el fin de estandarizar el tratamiento de agua, y debido al aumento de la exigencia de la calidad del agua y del líquido de diálisis a lo largo de la historia de la hemodiálisis, la S.E.N. ha desarrollado una guía de gestión de calidad del líquido de diálisis⁽²¹⁾. En ella, se incluyen múltiples recomendaciones para el diseño de un sistema de tratamiento de agua moderno con el que obtener niveles óptimos de calidad y para llevar a cabo exhaustivos procedimientos de mantenimiento, tanto en el centro u hospital como en el domicilio del paciente.

^{ix} Generado por hipercalcemia e hipermagnesemia, causando vómitos, cefaleas, debilidad, hipertensión, etc.

^x Cloro y amoníaco.

^{xi} Destrucción de glóbulos rojos liberando hemoglobina, que queda atrapada en el riñón, obstruyéndolo.

^{xii} Toxina liberada de la pared de algunos microorganismos como bacterias Gram negativas (aquellas que dan negativo en la tinción de Gram), liberadas cuando la bacteria muere y quedan sus componentes libres en el organismo.

^{xiii} Número de personas que enferman en una población y período determinados.

Estas recomendaciones están basadas en la norma ISO^{xiv} 13959 y 23500, la Farmacopea Europea, la Real Farmacopea Española, las recomendaciones de AAMI^{xv}, la Guía Europea de Buena Práctica en Hemodiálisis y la opinión del grupo español de expertos⁽²¹⁾.

Aunque se requieran altos niveles de calidad del agua y el tratamiento se haya estandarizado, aún hoy en día existen unidades de diálisis que no disponen de un sistema de tratamiento de agua moderno, de manera que no pueden obtener agua y líquido de diálisis ultrapuros. Así, los expertos recalcan la necesidad de invertir en un sistema de tratamiento de agua adecuado, reforzando a la vez el sistema de calidad y control y asegurando la participación de proveedores especializados. Además, añaden que se deberían realizar controles rutinarios exhaustivos para comprobar que se sigue la normativa.

4.2 Características

El agua destinada a consumo humano no es apta para la fabricación del líquido de diálisis, sino que requiere su purificación para eliminar todos los contaminantes, como solutos, microorganismos y partículas⁽⁴⁰⁾. Esto se debe a que el líquido de diálisis está compuesto en un 96% de agua⁽²¹⁾ y su nivel de pureza es de vital importancia, ya que el paciente que está en hemodiálisis en centro, por ejemplo, está expuesto a aproximadamente 200 L de agua por sesión, lo que se traduce en 30.000 L al año. Por esta razón, el sistema de tratamiento de agua es clave para obtener un líquido de diálisis de calidad que minimice los posibles efectos adversos.

La optimización del diseño debe evitar el paso de contaminantes que al entrar en contacto con el paciente se convierten en toxinas, ya que puede ocasionar graves consecuencias tanto para el sistema como para el paciente. Algunos ejemplos son aluminio, flúor y cloraminas, entre otros, los cuales causan múltiples complicaciones en el paciente, como pueden ser arritmias, parada cardíaca, síndrome de agua dura, anemia, etc. Asimismo, la creación de biofilm^{xvi} es un ejemplo de daño en el sistema, ya que es fuente de bacterias y endotoxinas, y puede llegar a obligar al cambio de elementos del sistema debido a la dificultad para ser eliminado y su potencial como causa de reacciones inflamatorias.

En este sistema tiene especial relevancia el origen del agua, ya que su composición puede variar en función de la fuente del agua, de la estacionalidad, si proviene de pantanos o presas, o si las autoridades han añadido sustancias químicas. Además, es importante considerar su sistema de distribución, ya sea el aljibe del hospital, la red municipal, un camión cisterna u otros, porque puede ser fuente de contaminación. Todos estos condicionantes influyen en la composición del agua y los contaminantes que contiene, por lo que se debe estudiar la composición y calidad para que se tenga en cuenta en el diseño del sistema del tratamiento de agua.

El objetivo final de este sistema recae en la obtención de agua que cumpla los estándares de la Guía de Gestión de Calidad del Líquido de Diálisis, la cual establece, según niveles máximos de contaminantes (conductividad, endotoxinas, sustancias químicas y bacterias), dos calidades de agua: agua pura y agua ultrapura⁽²¹⁾. En la **Figura 12** se encuentran los valores referencia diferenciados entre las dos calidades de agua.

^{xiv} International Organization Standardization (Organización Internacional de la Estandarización).

^{xv} Association for the Advancement of Medical Instrumentation (Asociación para el Avance en Instrumentación Médica).

^{xvi} Colonias de bacterias resistentes a la mayoría de los desinfectantes.

Funcionamiento del sistema de tratamiento de agua en centro

El sistema de tratamiento de agua está compuesto por tres fases: pretratamiento, tratamiento y postratamiento (**Figura 13**). Asimismo, se debe llevar a cabo el mantenimiento del sistema debido a su importancia para garantizar que el agua que llega al paciente sea de la calidad adecuada y para la prevención de daños y problemas en el sistema. En este se debe tener en cuenta el control y prevención de los componentes, además de realizar un control de calidad exhaustivo del agua y líquido de diálisis.

Estas mismas fases también se llevan a cabo de manera similar en el domicilio del paciente si el tratamiento de hemodiálisis es domiciliario, aunque solo si se dispone de una planta de agua fija.

Fase 1: Pretratamiento

El objetivo del pretratamiento es la eliminación de la mayoría de partículas en suspensión y sustancias orgánicas y reducir el número de cationes. En este proceso, principalmente se utiliza un filtro de arena al inicio, filtros de partículas micrónicos intercalados en el circuito, el descalcificador que funciona a través del uso de resinas y el filtro de carbón a través del principio físico de adsorción. El objetivo de estos últimos dos dispositivos consiste en eliminar el calcio y el magnesio con el primero, para evitar el síndrome de agua dura; y con el segundo, el cloro y las cloraminas y así prevenir la hemólisis.

Fase 2: Tratamiento

En esta fase se eliminan los restos de compuestos químicos y contaminantes microbianos para evitar su paso al monitor y a continuación al paciente. Para realizar este proceso existen dos posibilidades. La primera, y más recomendada, consiste en el uso de dos membranas semipermeables en dos etapas que realizan el principio físico de la ósmosis inversa^{xvii(21)}. El resultado del proceso será el agua producida –la cual es la que cruza la membrana y continúa el proceso– y la rechazada –que será dirigida al desagüe o al inicio del proceso–.

Detalle técnico: Clasificación de la calidad del agua

La evolución de la diálisis ha seguido una trayectoria. La calidad del agua debe seguir diferentes normativas. El agua de aporte, debe cumplir con los requisitos para el consumo humano y su uso en la fabricación de líquido de diálisis seguir la normativa Española. Adicionalmente, debe seguir los estándares de pureza más exigentes debido a las técnicas de alto volumen convectivo, uso de membranas de alto flujo y reinfusión del líquido de diálisis. Asimismo, en algunos centros de hemodiálisis se sigue la normativa internacional ISO o estadounidense AAMI.

Figura 12. Estándares de calidad de contaminación biológica (UFC: unidades formadoras de colonias, UE: unidades de endotoxinas)

Valores referencia	Microbiana	Endotoxinas
Agua pura	≤ 100 UFC/mL	≤ 0,25 UE/mL
Agua ultrapura	≤ 0,1 UFC/mL	≤ 0,03 UE/mL

Fuente: Pérez-García R, García R, González E, Solozábal C, Ramírez R, Martín-Rabadán P, et al. Guía de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD) (segunda edición, 2015). Nefrología [Internet]. 2016 [citado 10 oct 2016]; 36: 1-52.

^{xvii} Principio físico que tiene por objetivo la retención de solutos realizado mediante la aplicación de presión para el paso de agua de una solución más concentrada en solutos o contaminantes a otra que lo está menos.

La segunda opción, y recomendada para localizaciones con gran carga de elementos iónicos⁽²¹⁾, consiste en una etapa de ósmosis inversa y un desionizador. El dispositivo utilizado puede ser un electrodesionizador (preferiblemente) o un intercambiador de iones, aunque estos últimos han caído en desuso debido al riesgo de contaminación y elevado coste de mantenimiento (Figura 14).

Fase 3: Postratamiento

El objetivo de esta fase consiste en la eliminación de las partículas pequeñas y aquellas que no han sido retenidas previamente para conducir el agua hacia el sistema de distribución y a los monitores de diálisis.

Los principales dispositivos que participan en este proceso son la lámpara de luz ultravioleta –aunque su uso no es obligado y requiere un filtro de endotoxinas posterior– y los ultrafiltros. Este tipo de postratamiento resulta conveniente cuando el agua tratada es almacenada antes de su distribución a los puntos de consumo.

Por otro lado, en el postratamiento es clave el sistema de distribución de agua a los monitores de diálisis debido a que los nutre con agua tratada para la fabricación del líquido de diálisis. Este sistema de distribución de agua debe estar certificado como equipo sanitario y debe garantizar que no existan acodaduras ni fondos de saco que favorezcan la contaminación bacteriana^{xviii}.

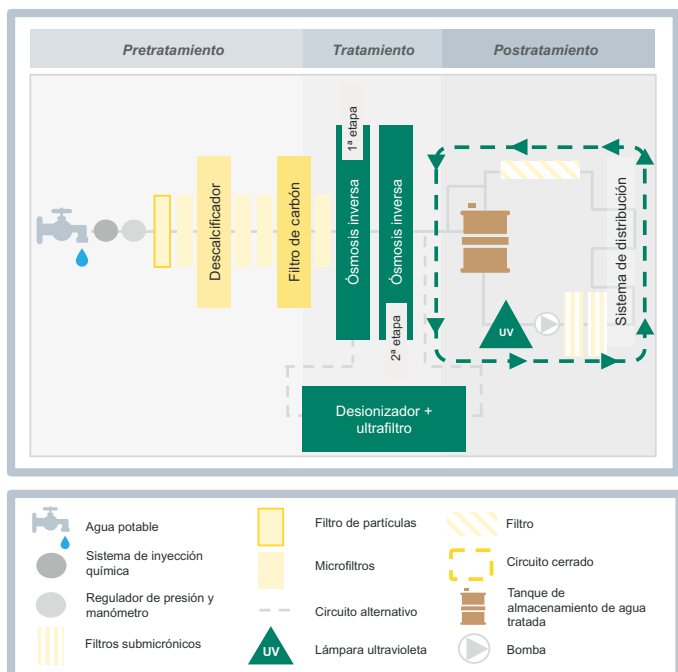
La distribución se puede realizar a través de un sistema en forma de U (continuo) o de anillos secundarios (un anillo distribuye a la unidad y otro a cada monitor) (Figura 15).

En relación al almacenamiento de agua, se recomienda evitarlo en todo lo posible, ya que puede ser fuente de contaminación⁽²¹⁾.

Mantenimiento

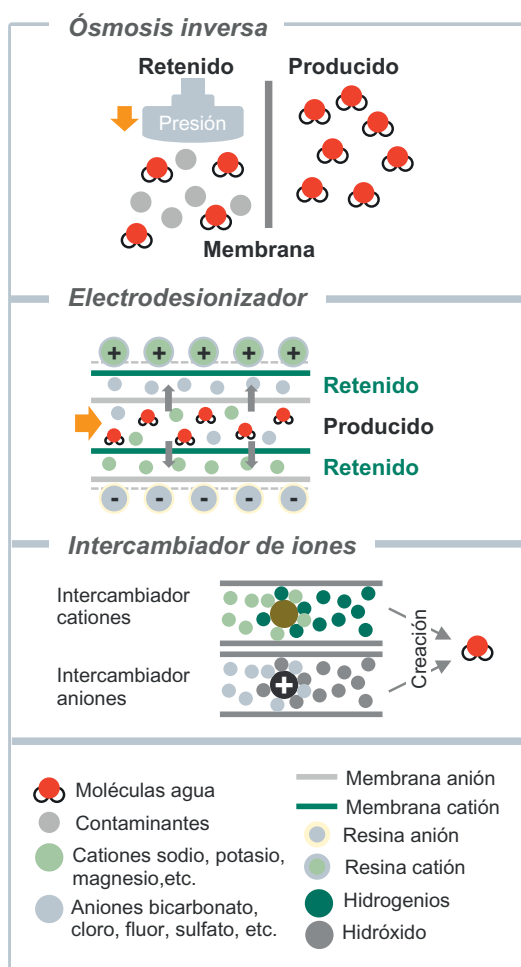
El proceso de mantenimiento del sistema de tratamiento de agua no forma parte del propio tratamiento, pero dicho proceso es necesario para su conservación y para alcanzar los estándares de calidad

Figura 13. Esquema del sistema de tratamiento de agua dividido en las tres fases del proceso



Fuente: Pérez-García R, García R, González E, Solozábal C, Ramírez R, Martín-Rabadán P, et al. Guía de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD) (segunda edición, 2015). Nefrología [Internet]. 2016 [citado 10 oct 2016]; 36:1-52; Análisis EY.

^{xviii} En este sentido, el tramo de ramal entre anillo y toma del monitor debe tener una longitud inferior al doble del diámetro interno del anillo para evitar zonas muertas en la distribución.

Figura 14. Esquema del funcionamiento de los dispositivos para el tratamiento

Fuente: Análisis EY.

exigidos. El objetivo es garantizar que no exista contaminación bacteriana y que el agua cumpla los estándares de calidad. Además de comprobar el funcionamiento del sistema para evitar problemas que lo dañen.

Se basa en la prevención y el control de calidad. La prevención es el proceso de desinfección, desincrustación e higiene de los dispositivos del sistema con el objetivo de prevenir problemas y contaminación en el proceso de agua tratada. Los métodos empleados son la desinfección química, por calor o por ozono, y deben ser aplicados periódicamente a todos los elementos del sistema, siempre teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes.

El control de calidad de agua se basa en el control microbiológico y de contaminantes físicos y químicos presentes en el agua.

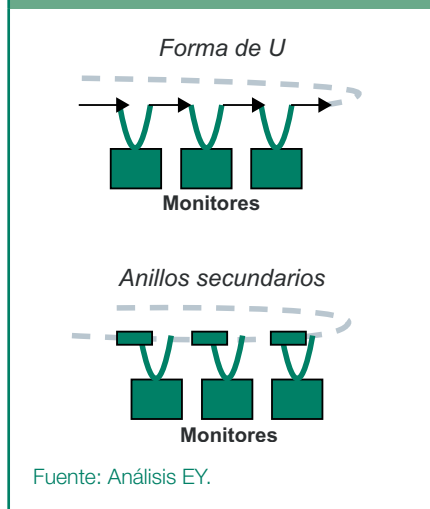
Los especialistas destacan la importancia de que este proceso se realice por personal debidamente formado del propio centro u hospital o por una empresa externa especializada en el mantenimiento del sistema de tratamiento de agua empleado en hemodiálisis. Asimismo, el médico responsable debe controlar exhaustivamente que los estándares de calidad se siguen, así como el procedimiento realizado y los resultados obtenidos.

Funcionamiento del tratamiento de agua domiciliario

Del mismo modo que en hemodiálisis en centro, en hemodiálisis domiciliaria se debe purificar el agua con el fin de asegurar altos niveles de calidad del líquido de diálisis en el domicilio del paciente.

Anteriormente, los sistemas fijos de tratamiento de agua en domicilio no podían producir agua ultrapura y los sistemas transportables no existían, por lo que no era posible realizar modalidades de diálisis que requieren alta calidad de agua, como es el caso de la HDF-OL.

Hoy en día, la posibilidad de producir agua ultrapura en el domicilio es considerada como uno de los avances tecnológicos más importantes en los últimos años. Asimismo, incluso se ha logrado que mediante sistemas de tratamiento de agua compactos y transportables se alcancen altos niveles de calidad de líquido de diálisis. Así, se ha ampliado la oferta y variedad de tratamientos disponibles en el domicilio según las necesidades de los pacientes.

Figura 15. Esquema de los sistemas de distribución de agua

En la actualidad, existen dos sistemas disponibles que se diferencian por su configuración, instalación y por el tipo de monitor al que van conectados:

■ Sistema fijo

■ Sistema transportable

Sistema fijo

El sistema fijo consiste en una planta de tratamiento de agua instalada mediante fontanería fijada en un punto específico en el domicilio del paciente. Este sistema se asemeja al tratamiento de agua en centro, siendo la calidad del agua la misma, y se emplea con monitores similares a los tradicionales, diferenciados de los utilizados en centro u hospital por ser más compactos y con la implementación de un *software* domiciliario específico para facilitar el uso a los pacientes y/o

cuidadores. El principio de funcionamiento y la calidad aportada son los mismos que los de un tratamiento de agua de un centro de diálisis, y se emplea con el mismo tipo de monitor que una unidad de diálisis, de manera que posibilita la realización de las mismas terapias que en un centro, incluido HDF online.

La planta de agua realiza la purificación del agua a través de un pretratamiento y un proceso de ósmosis inversa, de forma que produce una cantidad ilimitada de agua. Los residuos generados durante la sesión se eliminan por drenaje convencional, el cual se ha fijado en un punto específico ⁽⁴¹⁾.

Las fases del tratamiento, así como en el tratamiento de agua en hemodiálisis en centro, son tres: pretratamiento, tratamiento y postratamiento. Igualmente, es necesario el mantenimiento del sistema para garantizar que el agua que llega al paciente sea de la calidad adecuada ⁽²¹⁾.

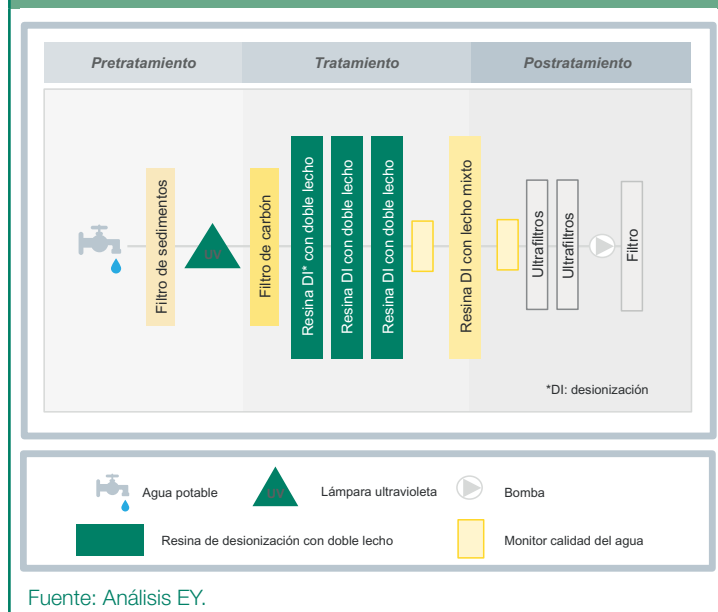
En relación al agua producida, se diferencian dos sistemas según si el sistema incluye una etapa de ósmosis inversa con el que se obtiene agua pura, o bien si es de doble etapa de ósmosis inversa con el que se adquiere agua ultrapura ⁽²¹⁾.

Sistema transportable

El sistema transportable es un equipo de tratamiento de agua que no requiere una instalación de fontanería fija en el domicilio, se caracteriza por ser más compacto y diseñado para un entorno domiciliario. Se emplea con monitores específicos para hemodiálisis domiciliaria ⁽⁴¹⁾.

La principal novedad que este sistema introduce es la posibilidad de obtener dializado, o bien empleando bolsas de líquido de diálisis ultrapuro premezclado y preparado para su uso inmediato o a través de un kit de purificación de agua.

Este kit realiza el proceso mediante un sistema de desionización con doble lecho, obteniendo como resultado agua ultrapura. Seguidamente, el mismo equipo mezcla el agua producida con concentrados para producir líquido de diálisis ultrapuro. Los componentes del equipo, incluyendo filtros, lechos de resinas

Figura 16. Esquema del sistema de tratamiento de agua domiciliario transportable

y sensores, están incluidos en una caja desechable. Además, como se puede observar en la **Figura 16**, incorpora una luz ultravioleta y un filtro de sedimentos.

A diferencia de las plantas fijas de agua, éste sistema no requiere proceso de desinfección, ya que la caja que contiene los elementos principales del kit de purificación del agua es desechable. Esta cumple las normas de AAMI o ISO hasta 12 semanas en uso. Pasado este periodo se sustituye por un nuevo kit, así como el resto de componentes, bolsas con concentrados o bolsas de líquido de diálisis premezclados.

Los residuos generados por ambos sistemas durante la sesión son eliminados por un drenaje convencional que no requiere instalación fija en el domicilio.

Asimismo, tanto el líquido de diálisis de las bolsas como el obtenido mediante el kit de purificación de agua cumplen con los estándares de calidad de la normativa ANSI/AAMI/ISO de la Farmacopea Europea y de la Farmacopea Norteamericana (ANSI/AAMI/ISO 13958, 13959, 11663, 26722).

Esta innovación tecnológica ha hecho posible la obtención de altos niveles de calidad de agua en el domicilio del paciente en un dispositivo transportable y compacto. A su vez, ha potenciado el empleo de esta técnica de manera segura y eficaz, permitiendo por primera vez el desplazamiento de pacientes en hemodiálisis domiciliaria con su propio monitor de diálisis para continuar con su tratamiento habitual fuera del hogar, sin necesidad de acudir a un centro para llevarlo a cabo.

4.3. Beneficios

La calidad del agua es **clave para la eficacia de la diálisis** y, a su vez, para poder **emplear nuevas tecnologías**, como los nuevos monitores o dializadores, y **desarrollar técnicas como la HDF-OL** o facilitar la **hemodiálisis en el domicilio del paciente**. Además, aunque se disponga de las tecnologías más punteras, se debe **garantizar la provisión de líquido de diálisis ultrapuro** de manera continuada en el tiempo.

Asimismo, la evolución en el sistema de tratamiento de agua (doble ósmosis inversa, descalcificador, filtro de carbón y desinfección por calor) ha repercutido notablemente en la **seguridad del paciente, reduciendo efectos adversos y complicaciones y, como consecuencia, mejorando su calidad de vida**.

Los beneficios aportados por la incorporación de estos dispositivos se pueden ver reflejados tanto en la **comodidad del paciente durante la misma sesión de diálisis como a largo plazo (Figura 17)**.

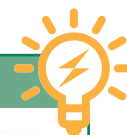


Figura 17. Beneficios transversales del tratamiento del agua

Posibilidad de realizar técnicas innovadoras en hemodiálisis hospitalaria (HDF-OL)

Mayor comodidad del paciente durante la sesión (reducción de hipotensión, vómitos, náuseas...)

Posibilidad de realizar hemodiálisis domiciliaria con agua ultrapura

Fuente: Análisis EY.

Así, **efectos adversos** como vómitos, náuseas y episodios de hiper- o hipotensión propios del síndrome de agua dura, que incomodaban al paciente durante la sesión, han sido reducidos por el uso de descalcificadores. Estos evitan el paso de calcio y magnesio hasta el paciente, el cual, además, a la larga produce neurotoxicidad.

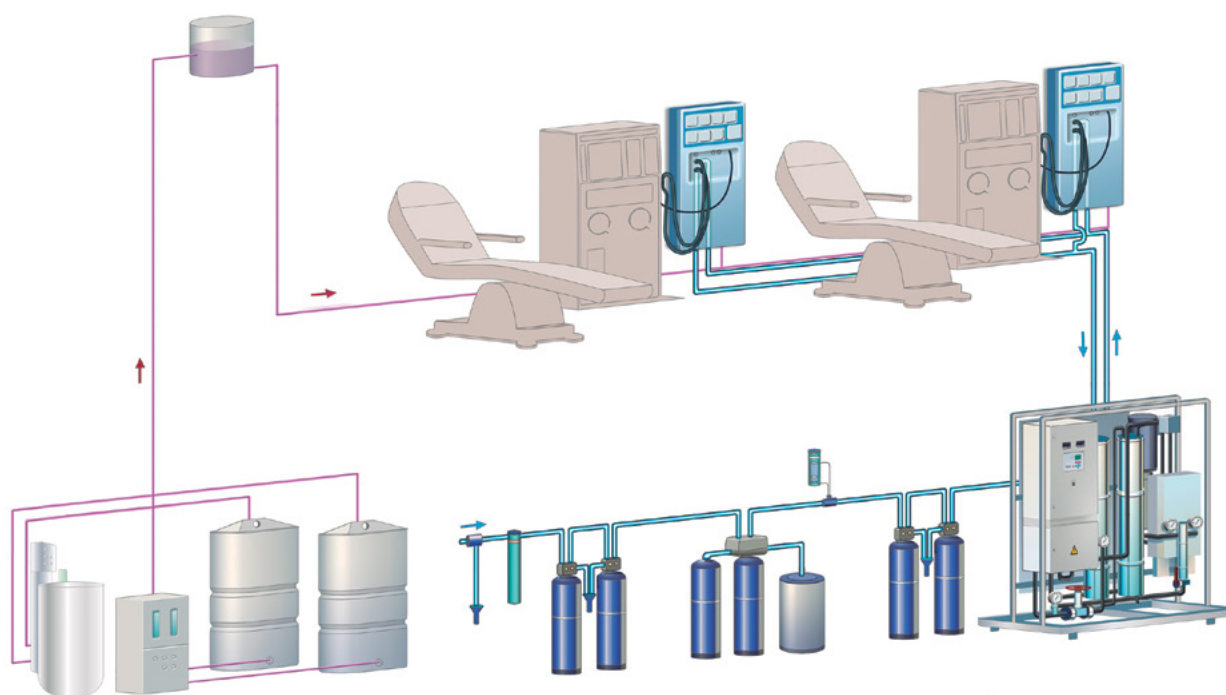
De igual modo, se han reducido **complicaciones** como la cardiomiopatía, anemia, reacciones inflamatorias y demencia dialítica, entre otros, gracias a la incorporación de la doble etapa de ósmosis inversa, considerada por los expertos como la principal mejora en el tratamiento de agua. El objetivo de este dispositivo radica en la eliminación de contaminantes tanto químicos como microbiológicos. Entre otros el aluminio, uno de los contaminantes que más complicaciones puede generar. Asimismo, el filtro de carbón previene la hemólisis causada por el paso de cloro y cloraminas a través del circuito.

El **mantenimiento del sistema es fundamental en el control de la calidad de agua y en la prevención de la contaminación y aumento de la eficiencia del tratamiento**. En este sentido, la desinfección por calor ha sido clave para aumentar la eficacia de este proceso, ya que contribuye a evitar la creación de biofilm que genera resistencia a algunos desinfectantes y puede tener graves consecuencias en los pacientes.

La complejidad del proceso puede llevar a error, y evitarlo es esencial para la seguridad del paciente. Los **sistemas de limpieza y desinfección automatizados** y la incorporación de una pantalla que reproduce el estado de situación de la calidad del agua producida y de la planta han beneficiado notablemente a los profesionales. Se ha disminuido el tiempo empleado, permitiendo una **reasignación de recursos para la mejora de la eficiencia**, y a su vez se ha proporcionado un **mayor control y accesibilidad de datos para prevenir daños y problemas** en el sistema que puedan perjudicar al paciente.

Además, la innovación tecnológica ha hecho posible la obtención de **altos niveles de calidad de agua en el domicilio del paciente en dispositivos transportables y compactos**, potenciando el empleo de esta terapia de manera segura y eficaz.

Aparte de todos los beneficios mencionados anteriormente, la introducción del sistema de tratamiento de agua ha contribuido a la **reducción de costes** debido a la mayor eficiencia en la desinfección del agua. Aunque no se haya cuantificado la disminución de estos costes, los expertos también apuntan a



una **reducción de los gastos asociados a los diversos efectos adversos y complicaciones** mitigados con el uso de este sistema. Ejemplos son la disminución de la administración de eritropoyetina (EPO^{xix}) para el tratamiento de la anemia y las operaciones derivadas del síndrome de túnel carpiano^{xx}, así como los gastos derivados de las múltiples complicaciones. La consecuencia directa de todo ello ha sido la **disminución del coste asociado al tratamiento del paciente renal, demostrando la rentabilidad de un sistema de agua moderno.**

^{xix} Proteína segregada por el riñón que regula la producción de glóbulos rojos. Su disminución causa anemia, por lo que se requiere su administración.

^{xx} Daño del nervio mediano, localizado en la mano. En caso de que sea leve, se inmoviliza la mano o se trata con corticoides. Si es severo, se debe intervenir quirúrgicamente.

5 | Monitores HD/HDD/DP

Las diferentes técnicas de diálisis (hemodiálisis y diálisis peritoneal) requieren el empleo de un monitor para el control de la diálisis.

Los monitores de hemodiálisis en centro constan de un circuito hidráulico con capacidad para la fabricación de líquido de diálisis “baño de diálisis” y control de la filtración y de un circuito extracorpóreo o “sanguíneo” que controla la sangre que está siendo depurada fuera del cuerpo. Por el contrario, los monitores diseñados específicamente para hemodiálisis domiciliaria aunque disponen también de un circuito extracorpóreo o “sanguíneo” y controlan la filtración, la fabricación del líquido de diálisis para este tipo de monitores la realiza el equipo de tratamiento de agua trasportable.

En la diálisis peritoneal automatizada, la cicladora es el monitor responsable de controlar las infusiones, permanencias y drenajes de forma automática según la prescripción.

5.1 Monitores HD

Objetivo

Producir líquido de diálisis y movilizar la sangre del paciente a través del dializador, donde interconexionan los circuitos hidráulico y extracorpóreo sanguíneo, para que puedan depurarse las toxinas urémicas acumuladas en la sangre.

5.1.1 Introducción

La aparición del primer “riñón artificial” se debe a John Abel en 1913, desarrollado en Estados Unidos con el uso de una membrana de nitro-celulosa. No fue hasta 1943 que Willen Johan Kolff inventó el riñón rotatorio de Kolff diseñado en forma de “tambor rotatorio” y fabricado con madera y aluminio. Gracias a la evolución de la hemodiálisis y el monitor, en 1945 un paciente se recuperó de necrosis tubular aguda^{xxi} tras un tratamiento de hemodiálisis⁽⁴²⁾. A partir de entonces, se empezaron a desarrollar nuevos riñones rotatorios, como el Kolf-Brigham o el diseñado por Nils Alwall, capaz de realizar el proceso de ultrafiltración y crear una presión negativa.

Estos monitores fueron evolucionando a lo largo del tiempo hasta llegar al monitor de recirculación de cuba, más tarde al monitor de recirculación de paso único y, finalmente, al monitor de paso único, el cual hoy en día aún se emplea. La implementación de tecnología de última generación ha logrado la incorporación en el monitor de filtros de endotoxinas y la posibilidad de disponer de líquido de diálisis con agua previamente tratada, que asegura la reducción del riesgo de contaminación y la producción de líquido de diálisis ultrapuro para un tratamiento más biocompatible.

El concepto de monitor de paso único ha evolucionado hacia nuevos sistemas terapéuticos de hemodiálisis. Esta evolución tecnológica ha supuesto la incorporación de novedosas funcionalidades que permiten la optimización y la mejora de la calidad del tratamiento.

^{xxi} Trastorno renal que puede ocasionar insuficiencia renal aguda.

5.12 Características

En la actualidad, un monitor de hemodiálisis es, en realidad, un sistema terapéutico integral que permite realizar la eliminación de las toxinas urémicas acumuladas en la sangre. Coordina el circuito hidráulico y extracorpóreo del paciente con seguridad, facilidad de manejo, automatización de procesos e incluso distintas funciones y biosensores, permitiendo que interactúen y se relacionen entre ellos.

El circuito hidráulico o de baño de diálisis, fabrica y controla la calidad del líquido de diálisis, y el extracorpóreo sanguíneo es el responsable de monitorizar el estado de la sangre del paciente y transportarla hacia el dializador para su filtración. Los dos circuitos permiten el contacto de la sangre y el líquido de diálisis a través de una membrana semipermeable, el dializador, de manera controlada por el monitor.

La conexión del paciente al circuito sanguíneo en el monitor se realiza a través de un acceso vascular. Es esencial conocer la funcionalidad del acceso para el desarrollo del tratamiento de hemodiálisis⁽⁴³⁾. La elección del tipo de acceso debe basarse en las características clínicas del paciente y su cuidado debe llevarse a cabo de manera multidisciplinar para evitar posibles complicaciones (coagulación, recirculación, disfunción, etc.). El acceso vascular puede ser una fístula arteriovenosa autóloga o protésica, o bien realizar una implantación de un catéter.



Funcionamiento

El circuito hidráulico

Con el objetivo de desarrollar un óptimo tratamiento de diálisis, se deben considerar los diferentes elementos que componen el circuito hidráulico para lograr el éxito del proceso. Los principales son:

- Filtros de endotoxinas: garantizan que el líquido de diálisis fabricado sea de calidad y libre de elementos pirógenos^{xxii}.

^{xxii} Elementos que pueden provocar algún tipo de enfermedad o daño.

- **Calentador:** logra que los fluidos alcancen temperaturas próximas a la del paciente.
- **Toma de concentrados de bicarbonato y ácido:** fabrica un baño con características iónicas adecuadas.
- **Desgasificador:** elimina el aire del circuito.
- **Control de ultrafiltración:** permite controlar la ultrafiltración idónea y de forma precisa en el paciente.
- **Control de volumen convectivo procesado:** permite la detección de hemoconcentración.
- **Control de fugas de sangre.**
- **Control de pérdida de estanqueidad.**

Los procesos clave de este sistema son garantizar la ultrapureza del líquido de diálisis y el control de ultrafiltración. La calidad de los fluidos se logra con el uso de ultrafiltros y su configuración depende de la técnica de hemodiálisis y el fabricante del monitor. La HDF-OL requiere asegurar un líquido de diálisis ultrapuro, debido a su empleo como líquido de sustitución, por lo que es necesario, como mínimo, dos ultrafiltros en serie. En la **Figura 18** se puede apreciar un ejemplo del esquema de un circuito hidráulico.

En HDF-OL se requiere alcanzar un alto volumen convectivo (volumen de ultrafiltración más volumen de infusión). El desarrollo tecnológico de los monitores ha permitido la implantación de un sistema fiable de control de la ultrafiltración o convección. Este desarrollo tecnológico es necesario para controlar la extracción o eliminación tanto del líquido que se ha retenido entre las sesiones dialíticas como del volumen extraído que debe ser reinfundido. Este proceso se realiza gracias a un control volumétrico exacto del fluido que se extrae del paciente y del que debe reponerse.

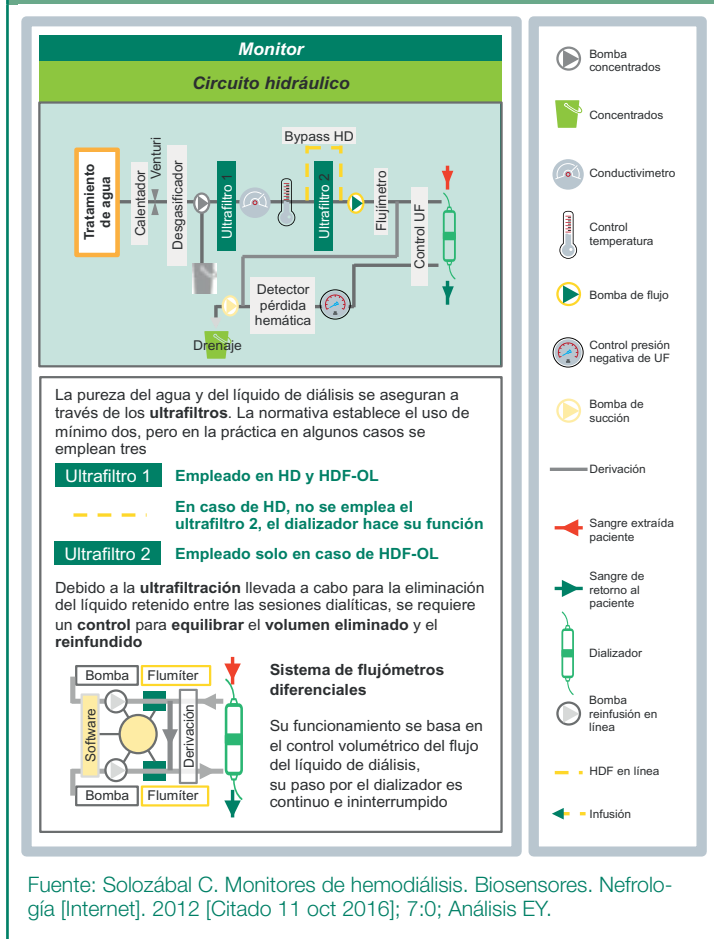
Los sistemas terapéuticos actuales incorporan una serie de medidas de seguridad y funcionalidades como pantallas guiadas o mensajes de aviso que facilitan el manejo y la automatización de los procesos.

Los sistemas terapéuticos actuales incorporan una serie de medidas de seguridad y funcionalidades como pantallas guiadas o mensajes de aviso que facilitan el manejo y la automatización de los procesos.

El circuito extracorpóreo sanguíneo

La eficiente depuración de contaminantes de la sangre depende necesariamente del flujo sanguíneo del acceso vascular (**Figura 19**). Existen dos tipos de circuitos según la tipología de acceso: bipunción y unipunción.

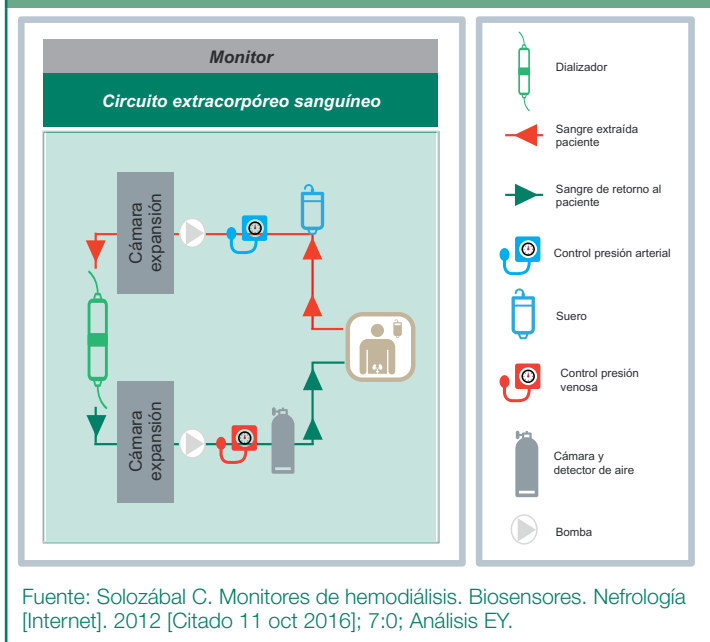
Figura 18. Ejemplo del esquema de un monitor, configuración de los ultrafiltros y control de ultrafiltración



El circuito de bipunción consiste en tener dos puntos de acceso vascular para el tratamiento, uno de salida de la sangre y otro de retorno de la sangre donde conectan la línea extracorpórea arterial y venosa, respectivamente. Por otro lado, el circuito de unipunción consta de un único punto de punción con conexión en Y, donde se conectan tanto la línea arterial como la venosa.

Normalmente se emplea el circuito de bipunción por su mayor efectividad; el de unipunción solo se emplea temporalmente si existen problemas con el acceso venoso y no se puede llevar a cabo la doble punción.

Figura 19. Esquema del circuito extracorpóreo sanguíneo



5.2 Monitores HDD

Objetivo

Movilizar el líquido de diálisis y/o además fabricarlo, y movilizar la sangre del paciente a través del dializador, donde interconexionan los circuitos hidráulico y extracorpóreo sanguíneo, para que puedan depurarse las toxinas urémicas acumuladas en la sangre de manera efectiva en el domicilio del paciente.

5.2.1 Introducción

El inicio de la hemodiálisis domiciliaria está ligado al inicio de la hemodiálisis tradicional, debido a que muchos pacientes eran tratados en sus domicilios para mitigar la falta de estructura hospitalaria y para tratar a la mayor cantidad de pacientes posible durante el final de la década de los 50 y la década de los 60⁽¹⁷⁾. Posteriormente, ya en los años 70, la terapia era empleada en un elevado número de pacientes, como por ejemplo en Estados Unidos, donde hasta un 40% de los pacientes en TRS estaban incluidos en esta modalidad. A partir de entonces, se produce un declive generalizado en su empleo debido al desarrollo de los centros de HD, así como al aumento de los pacientes y su morbilidad. No es hasta los años 90 en que se empieza a despertar nuevamente el interés por esta técnica⁽¹⁷⁾.

En España, a partir de 2014 se fueron introduciendo sistemas de hemodiálisis domiciliaria especialmente diseñados que incorporan todos los sistemas de control y seguridad habituales en un monitor tradicional, pero con un tamaño reducido y con la posibilidad de ser transportable, eliminando las barreras en cuanto a la movilidad de los pacientes⁽⁴⁴⁾.

La HDD permite ampliar las opciones de tratamiento dialítico domiciliario, posibilitando la incorporación HDF-OL. Para su elección se debe tener en cuenta la situación del paciente, así como las características del domicilio, la calidad del agua, el consumo de electricidad y el cuidador o familiar involucrado,

en el caso de que este último sea necesario⁽³⁵⁾. En este sentido, las guías internacionales refuerzan la idea sobre la decisión compartida entre paciente y profesionales en la elección de la técnica de hemodiálisis que esté más alineada con el estilo de vida del paciente y sus necesidades.

5.2.2. Características

La hemodiálisis domiciliaria puede realizarse con un monitor similar al empleado en hemodiálisis en centro o con uno específico para el tratamiento en domicilio. La principal diferencia es el funcionamiento más intuitivo y el tamaño más compacto de los monitores específicos para la diálisis en domicilio⁽⁴¹⁾.

La conexión del monitor al paciente en ambos monitores, al tratarse de hemodiálisis, se realiza a través del acceso vascular, ya sea una fístula arteriovenosa autóloga o protésica o un catéter, siempre priorizando la primera alternativa.

Por otro lado, para el éxito de la técnica es vital el periodo de entrenamiento, en el cual se lleva a cabo la formación y la educación de los pacientes y/o cuidadores durante un tiempo variable (entre uno y dos meses) en función de varios factores, como las habilidades del paciente, manejo del acceso vascular, tipo de monitor, etc.^(45,46). Este periodo es esencial para asegurar que el paciente y/o cuidador es capaz de realizar este tipo de tratamiento de forma eficaz y con el menor riesgo posible. Asimismo, la implicación del servicio de nefrología del hospital es esencial e indispensable, fundamentalmente del personal hospitalario especializado en técnicas domiciliarias, ya que son estos profesionales los que imparten el entrenamiento y asisten a los pacientes una vez que ya están en el domicilio⁽⁴⁷⁾.

Funcionamiento

Los dos tipos de monitores empleados realizan el tratamiento dialítico de forma adecuada, con la posibilidad de utilizar diferentes esquemas de tratamiento, entre los que destacan⁽⁴⁸⁾:

- Diálisis corta diaria (hemodiálisis convencional/hemodiafiltración *online*): sesiones de 2,5 a 3 horas durante 5 o 6 días a la semana.
- Diálisis frecuente nocturna (hemodiálisis convencional/hemodiafiltración *online*): sesiones de 6 a 8 horas por la noche durante 4 o 6 días a la semana.
- Diálisis nocturna larga a días alternos (hemodiálisis convencional/hemodiafiltración *online*): sesiones de 6 a 8 horas por la noche durante 3 o 5 días a la semana.
- Sesión convencional (hemodiálisis convencional/hemodiafiltración *online*): sesiones de 3 a 5 horas durante 3 o 4 veces a la semana o días alternos.

Aunque existen varios esquemas de hemodiálisis domiciliaria, los expertos apuntan que en la actualidad en España solo se realiza la diálisis corta diaria o la convencional. A pesar de que los nuevos monitores de hemodiálisis domiciliaria permiten realizar la modalidad nocturna, este esquema de tratamiento aún no ha sido suficientemente desarrollado como técnica domiciliaria en España.

Monitor similar al de hemodiálisis en centro

El funcionamiento de estos monitores es muy similar a los monitores de hemodiálisis en centro (monitores tradicionales) introducidos en el **apartado 5.1**, la principal diferencia radica en el tamaño, más reducido para adaptarlos al domicilio del paciente⁽⁴¹⁾.

Estos dispositivos también incluyen un circuito hidráulico que fabrica el líquido de diálisis a partir de agua purificada mediante un sistema de tratamiento de agua en una planta fija, y moviliza la sangre del paciente para pasar a través de un dializador que lleva a cabo la eliminación de toxinas urémicas. Los monitores tradicionales pueden utilizar cualquier tipo de dializador prescrito por el nefrólogo, ya que este es independiente al sistema de líneas o monitor.

Los avances tecnológicos actuales permiten contar con monitores con *software* para pacientes domiciliarios (similares a los de un centro, pero más compactos y fáciles de utilizar), filtros y sistemas de tratamiento de agua específicos que garanticen la obtención de agua ultrapura. Todos estos dispositivos posibilitan realizar en el domicilio una modalidad que previamente solo se podía emplear en el centro, como es el caso de la HDF-OL.

Monitor específico para hemodiálisis domiciliaria transportable

Los monitores diseñados específicamente para hemodiálisis en el domicilio se caracterizan principalmente por ser compactos e intuitivos, facilitando el desarrollo de la sesión de diálisis al paciente o al cuidador⁽⁴⁴⁾. En este sentido, las modalidades de hemodiálisis que se pueden desarrollar con este tipo de monitores son principalmente de bajo flujo, alcanzando los estándares de calidad pautados por las guías.

A diferencia de la mayoría de los monitores similares a los de hemodiálisis en centro, estos monitores pueden emplear líquido de diálisis premezclado en bolsas o fabricado mediante un equipo de tratamiento de agua transportable con el que se obtiene agua ultrapura.

El montaje del monitor consiste en la incorporación de un cartucho que incluye el dializador y las líneas y, a continuación, el monitor realiza automáticamente la sesión de diálisis. Dicho monitor moviliza el líquido de diálisis a través del dializador, así como la sangre del paciente para la eliminación de toxinas urémicas. Los residuos derivados de la eliminación de toxinas y el exceso de líquido interdialítico se eliminan por drenaje convencional.

Respecto a la instalación y el material fungible a emplear en el domicilio, los avances tecnológicos han permitido reducir el riesgo de contaminación a la hora del montaje del sistema. En este sentido, en estas terapias domiciliarias se debe tener en cuenta que el paciente debe almacenar el material necesario para el tratamiento y por lo tanto habilitar un espacio dedicado a ello.

Por otro lado, la información de los parámetros durante las sesiones desarrolladas con ambos tipos de monitores se recoge en la actualidad por el paciente de manera manual y/o tarjeta de paciente y en cada revisión éste lo traslada al nefrólogo. Los expertos apuntan que la implementación de un *software* de gestión del paciente renal en estos monitores implicará una revolución en el tratamiento de los pacientes en su domicilio. A pesar de que ya en la actualidad se está ofreciendo seguridad y control, con la monitorización a distancia se dispondría de información real instantánea y se evitarían posibles errores derivados de la transcripción manual de datos.

5.3. Cicladora DP

Objetivo

Introducir y extraer el líquido de diálisis del peritoneo automáticamente para eliminar toxinas urémicas mientras el paciente duerme. Solo se emplea en diálisis peritoneal automatizada (DPA).

5.3.1 Introducción

El empleo de máquinas automáticas o semiautomáticas para realizar la diálisis peritoneal se lleva a cabo desde los años 60. Debido a su gran tamaño solo se usaban en centros u hospitales con unidades de nefrología para realizar la diálisis peritoneal intermitente, y los resultados eran poco satisfactorios.

Durante los años 70, se desarrolló la diálisis peritoneal asistida por cicladora, que consistía en una diálisis continua en la que la infusión y el drenaje se hacían con la gravedad, y por primera vez se pudo trasladar esta técnica al domicilio del paciente. Además, se introdujeron las bolsas de plástico como envase del líquido de diálisis para la sustitución de los recipientes de cristal. En los años 2000, gracias a la evolución de la tecnología se diseñaron máquinas más pequeñas y menos pesadas que posibilitaban más opciones terapéuticas y en las que diferentes tipos de líquido de diálisis podían ser utilizados. En la actualidad, la técnica realizada a través de la cicladora ha mejorado exponencialmente, y permite realizar la sesión de diálisis (infusión y drenaje) automáticamente de manera sencilla, segura y efectiva⁽⁴⁹⁾.

Una reciente innovación tecnológica permite que las cicladoras incorporen una plataforma y un sistema de conectividad a distancia, habilitando la telemonitorización y la comunicación bidireccional entre el hospital y el domicilio del paciente, facilitando intervenciones clínicas y asistenciales a distancia como la programación de la cicladora y cambios de pautas.

5.3.2 Características

La cicladora de diálisis peritoneal automatizada introduce y extrae el líquido de diálisis de la cavidad peritoneal del paciente, permitiendo el contacto del líquido con la membrana peritoneal para la realización de la diálisis. Este proceso se desarrolla de manera automática habitualmente en el domicilio mientras el paciente duerme.

La conexión de la cavidad peritoneal del paciente con la cicladora es esencial para el éxito de la técnica y se realiza mediante un catéter que puede ser de diferentes materiales y de longitud y diseños variables, y su elección depende de las características del paciente.

Funcionamiento cicladora

Los elementos necesarios para llevar a cabo la terapia están todos integrados en la cicladora. Incorpora control volumétrico de la infusión, control del flujo de diálisis, control del tiempo de infusión, permanencia y drenaje, sistema de alarmas y registro del volumen de ultrafiltrado. El fungible asociado a la cicladora es el equipo de líneas, las bolsas del líquido de diálisis y una bolsa de drenaje⁽⁵⁰⁾.

Los avances tecnológicos han permitido la telemonitorización de las cicladoras, pero su empleo no está del todo extendido, por lo que aún se utiliza la tarjeta en la que el personal de la unidad de diálisis peritoneal prescribe el tratamiento. Al introducir esta tarjeta en la cicladora el paciente realiza el tratamiento sin riesgos de errores en la pauta. Además, todos los resultados de los tratamientos realizados se guardan en la tarjeta, de forma que el nefrólogo en la unidad pueda analizar tanto los resultados clínicos como la adhesión al tratamiento, permitiendo un reentrenamiento en caso necesario.

El inicio del intercambio se realiza con la introducción de la tarjeta. A continuación, se lleva a cabo el montaje de las líneas y las bolsas. La facilidad de montaje en las nuevas cicladoras evita errores y posibles contaminaciones. Además, el paciente está guiado en todo momento por los pasos que aparecen en la pantalla para la conexión e inicio del tratamiento. Durante la terapia se realizan los ciclos prescritos con avisos y mensajes ante cualquier situación no esperada.

Las cicladoras cuentan con una monitorización de la temperatura del líquido de forma que solo se infunde al paciente cuando la temperatura sea la prescrita. Así se suceden todos los ciclos de acuerdo a la pauta en términos de: solución de diálisis y volumen, tiempos de infusión, tiempos de permanencia y tiempos de drenaje.

Según la pauta prescrita, las cicladoras automáticamente abren o cierran los *clamps*^{xxiii} de las líneas de manera oportuna, para realizar todas las fases de forma segura y automática para el paciente, permitiendo su descanso durante el tratamiento.

Las cicladoras actuales posibilitan realizar diferentes tipos o modalidades de diálisis peritoneal de manera segura, eficaz, sencilla e intuitiva para el paciente.

5.4. Beneficios

La **eficiencia en el tratamiento** y la **reducción de efectos adversos y complicaciones** son ejemplos de los resultados obtenidos gracias a la incorporación de tecnología moderna. Asimismo, las nuevas funciones introducidas en los monitores de hemodiálisis en centro, como filtros de endotoxinas y el control de la ultrafiltración de alta precisión, en los de hemodiálisis domiciliaria, con su adaptación al domicilio y la facilidad en su manejo, además de la automatización del tratamiento nocturno en diálisis peritoneal, han sido fundamentales en este progreso.

Monitor de hemodiálisis en centro

El empleo del monitor de paso único evita la recirculación del líquido de diálisis y su saturación, aumentando la seguridad del tratamiento debido al **mayor control** que proporciona a los profesionales. Ha **potenciado la confianza de los pacientes**, ya que han percibido la mejora en su calidad de vida, derivada de la reducción de efectos adversos y complicaciones. Esto ha sido posible gracias a que los monitores de hemodiálisis han mejorado los aspectos higiénicos en general y las desinfecciones del circuito hidráulico necesarias después de los tratamientos.

^{xxiii} Pinzas.

Según los expertos, la mejora más significativa de esta tecnología es el control volumétrico de ultrafiltración por diversas técnicas y la incorporación de filtros de endotoxinas que reducen el proceso de inflamación del paciente gracias a la reducción de endotoxinas del líquido de diálisis.

Ambas funciones son imprescindibles, especialmente en los tratamientos modernos, como HDF-OL, ya que consiguen que efectos adversos derivados del desequilibrio entre la extracción de la ultrafiltración (peso ganado en periodos interdiálisis), la extracción del volumen convectivo y la reposición con líquido de sustitución se realicen de manera perfectamente sincronizada.

La infusión del líquido de sustitución es más segura gracias al desarrollo de los filtros de endotoxinas actuales, **evitando contaminaciones**, que se han visto reducidas notablemente. Igualmente, se han impedido contaminaciones del monitor, como el VIH y otros, ya que se ha introducido el concepto de paso único en el circuito hidráulico, evitando así la contaminación del líquido de diálisis puro.

De igual modo, la incorporación de los filtros para endotoxinas y la calidad del líquido generado han contribuido a una **mejor conservación de la función renal residual**. A esto se suma un proceso de ultrafiltración de alta precisión, que incluye la realización de perfiles.

La **automatización** que consiguen los monitores actuales para realizar HDF-OL con el máximo volumen convectivo y con el máximo flujo de sustitución se **adecua a las necesidades del paciente**, aumentando la **eficacia de la diálisis y mejorando la calidad de vida**.

De la misma manera se ha incrementado la **sostenibilidad del tratamiento**, ya que se han incorporado diferentes funciones que optimizan el consumo de agua y concentrados implicados en la fabricación del líquido de diálisis. Otras funciones han posibilitado la regulación automática del flujo del baño sin perder eficacia dialítica.

La seguridad del tratamiento se ha visto mejorada también por la incorporación de otros dispositivos, como el detector de pérdida hemática y el detector de aire en el circuito hemático. El control de pérdida de sangre ha reducido el riesgo vital del paciente asociado a un posible sangrado desapercibido y el control de entrada de aire elimina posibles embolias por entrada de aire en el circuito.

La tecnología de los sistemas de hemodiálisis ha introducido mejoras que facilitan la **optimización de las tareas y el tiempo** que dedican los profesionales sanitarios durante las sesiones de diálisis. Así, se ha logrado la **optimización de procesos**, la **seguridad del control de ultrafiltración** y la **reducción del número de alarmas e incidencias** que se presentan durante las sesiones de diálisis. Esto ha sido gracias al cebado del circuito extracorpóreo con líquido fabricado por el propio monitor y a un control de los circuitos hemático e hidráulico.

Hemodiálisis domiciliaria

También la evolución de los monitores ha permitido la **adaptación de la hemodiálisis en el domicilio del paciente y así evitar traslados**, los cuales representan aproximadamente un **11,2% del coste total del tratamiento en HD tradicional** ⁽⁵¹⁾. Además, la flexibilidad que aporta el tratamiento **ha mejorado la calidad de vida de los pacientes**, ya que **posibilita la conciliación de la enfermedad con la vida laboral y las actividades diarias**. Esta innovación no solo beneficia a pacientes, sino que también a profesionales, ya que pueden **ofrecer una alternativa más de tratamiento seguro y efectivo**. Asimismo, estos monitores

ofrecen diferentes esquemas de tratamiento y permiten **aumentar la frecuencia de la sesiones**, haciendo esta técnica **más fisiológica**⁽¹⁷⁾, mejorando los resultados clínicos y analíticos en la evolución de los pacientes^(8;44).

Los beneficios asociados al aumento de la frecuencia de las sesiones de hemodiálisis son **mejoras en parámetros analíticos** como el **estado nutricional, el control de electrolitos de la sangre, control del metabolismo calcio-fósforo y de la anemia**, entre otros^(8;44;52-55). Además, se ha demostrado una mayor tolerancia hemodinámica, mejor control de la presión arterial con menor número de fármacos, mejoría de los parámetros de depresión, de la calidad del sueño y de la fertilidad, entre otros, directamente **relacionados con la calidad de vida de los pacientes**^(8;55;56). No solo así, sino que estudios muestran una **supervivencia en 5 años del 96%** en hemodiálisis diaria⁽⁵⁷⁾ y la **reducción del riesgo de la mortalidad de hasta el 13%**⁽⁵⁸⁾.

Estas mejoras en hemodiálisis domiciliaria han repercutido directamente en el **incremento de la calidad del tratamiento** y en los **resultados obtenidos**, tal y como se ha demostrado en diversos estudios. Se ha logrado una **mayor tolerancia en las sesiones** de diálisis debido al mejor control de la eliminación de las toxinas urémicas⁽¹⁷⁾ y una mejora en parámetros cardiovasculares⁽⁷⁾, en el **control de fósforo sérico y su eliminación**⁽⁵³⁾ y en **marcadores nutricionales como la albúmina y el colesterol**⁽⁵⁴⁾. El mayor control de estos parámetros en hemodiálisis domiciliaria ha llevado a la disminución de la administración de fármacos como los **antihipertensivos en un 31,5%**⁽⁸⁾ o la **EPO en un 63%**⁽⁵⁴⁾. Para este último caso, si se considera que el coste anual de EPO por paciente asciende 2.381,98 €⁽⁵¹⁾, esta reducción implicaría un ahorro de 1.500,60 €. Teniendo en cuenta los datos más recientes, 94 pacientes en España reciben este tipo de terapia⁽⁵⁹⁾, por lo que el ahorro ascendería a 141.056,40 €, que sería superior si el número de pacientes en esta terapia incrementara.

Diálisis peritoneal

En el caso de la cicladora, se ha propiciado una **mejora de la seguridad del paciente** y, por consiguiente, el incremento de pacientes que reciben esta terapia gracias a la evolución de las cicladoras en diálisis

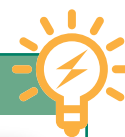


peritoneal automatizada. En este sentido, la telemonitorización permite **gestionar la información clínica del paciente**, y así **favorecer la optimización de los procesos asistenciales**, facilitando una **mejor gestión de los recursos**.

De manera general, los pacientes han podido conciliar su enfermedad con su actividad personal y laboral gracias a la flexibilidad de la terapia de diálisis peritoneal. Esta técnica ha **fomentado el empoderamiento del paciente como gestor de su propia enfermedad** y ha posibilitado la **personalización del tratamiento** gracias a las opciones que ofrece la individualización de la terapia. Además, se ha estimado que el **incremento del empleo de la diálisis peritoneal a un 30% de los pacientes en diálisis** supondría un potencial ahorro de más de **30 millones de euros al año**⁽⁶⁾. En este sentido, el Servicio Andaluz de Salud Pública ha realizado un estudio en el que se cuantifica un **ahorro de hasta 2,2 millones de euros** derivado del **incremento de pacientes** que reciben esta técnica⁽⁶⁰⁾.

En conjunto, monitores y cicladoras han mejorado la seguridad del paciente incidiendo directamente en una reducción de los efectos adversos y complicaciones y, por consiguiente, en una **disminución de ingresos hospitalarios y administración de fármacos**. A su vez, las terapias domiciliarias fomentan la conciliación de la enfermedad con la vida personal y laboral, reduciendo los costes indirectos asociados. Todo ello deriva en una reducción de costes que contribuye a la sostenibilidad del tratamiento y, a su vez, del sistema (**Figura 20**).

Figura 20. Beneficios clave de la cicladora



Personalización y aumento de la seguridad y efectividad de la sesión de diálisis

Sostenibilidad del tratamiento
(optimización del consumo del líquido de diálisis)

Mayor seguridad y efectividad para las **terapias domiciliarias**

Terapia más fisiológica
gracias al **aumento** de la **frecuencia** de las **sesiones** en **hemodiálisis domiciliaria**

Ahorro de más de **30 M €** si se emplea la **DP** en un **30%** de los **pacientes en diálisis**

Fuente: Análisis EY

6 | Biosensores

Objetivo

Monitorizar a tiempo real parámetros intracorpóreos del paciente de manera no invasiva a través del circuito extracorpóreo sanguíneo, ya que forma parte del sistema cardiovascular del paciente, y del líquido de diálisis.

6.1 Introducción

Hace más de una década de la introducción de biosensores en las técnicas de diálisis y, aunque su uso no está del todo extendido, se están implementando cada vez más en la práctica clínica diaria como un instrumento analítico y clínico para definir una hemodiálisis eficiente.

Los primeros biosensores monitorizaban y analizaban las variaciones de determinados parámetros, tanto en el circuito de sangre como en el del baño de hemodiálisis, proporcionando datos de interés clínico. Con el paso del tiempo, y gracias a la tecnología, se ha conseguido que de forma automática, ante determinadas circunstancias, los biosensores informen del desarrollo de la sesión de hemodiálisis en tiempo real. Esto ha supuesto una novedad relevante en términos clínicos, consiguiendo una individualización de la terapia a las situaciones específicas de cada paciente.

Gestores y expertos destacan la importancia de la formación para incrementar la efectiva penetración de esta tecnología. Los agentes apuntan que es necesario que los proveedores continúen colaborando con los centros e implicándose de manera activa en la formación de los profesionales de nefrología, asegurando un uso óptimo y eficaz de la tecnología.

Este aspecto es de especial relevancia si se tiene en cuenta la introducción de técnicas modernas como la HDF-OL, donde la monitorización que realizan los biosensores toma un peso específico en cuanto a la consecución de unos resultados óptimos⁽⁶¹⁾. Por otro lado, un buen acceso vascular es clave para obtener buenos resultados evaluados con el uso de estos dispositivos, ya que es necesario un buen flujo de sangre.

El desarrollo de los biosensores ha ido evolucionando hacia la incorporación de sistemas de retroalimentación, llamados *biofeedback*, que permiten la regulación de los parámetros de manera automática durante la sesión de diálisis en función de las necesidades del paciente.

6.2 Características

Durante las sesiones de diálisis en las que el paciente permanece conectado al monitor a través del circuito extracorpóreo sanguíneo, este forma parte del sistema cardiovascular del paciente, lo que posibilita calcular parámetros intracorpóreos de manera instantánea y a tiempo real sin necesidad de realizar pruebas invasivas, tan solo monitorizando diferentes parámetros del circuito sanguíneo y del líquido de diálisis a través de los biosensores.

En la actualidad se puede realizar una diferenciación de biosensores según si permiten realizar una diálisis más fisiológica, evitando situaciones de hipotensión, como son los biosensores que monitorizan

el volumen plasmático (volemia^{xxiv}), la temperatura corporal o la saturación de oxígeno. Los que proporcionan datos sobre la calidad de la terapia son los biosensores que monitorizan el aclaramiento de urea (dialisancia iónica) durante la sesión o los que cuantifican la recirculación del acceso vascular⁽⁶²⁾.

A continuación se describen los principales biosensores, que son los de volumen plasmático, de aclaramiento de urea y de temperatura.

Biosensor de volumen plasmático

El uso del biosensor de volumen plasmático notifica a tiempo real una reducción o incremento del volumen sanguíneo relativo^{xxv} del paciente ocurrido por la ultrafiltración durante la sesión de diálisis, con la finalidad de evitar episodios de hipotensión y controlar la hemoconcentración del circuito extracorpóreo adecuando la tasa de ultrafiltración.

Biosensor de aclaramiento de urea

En las sesiones de diálisis se debe establecer una dosis de diálisis, según está establecido en las guías de referencia de la S.E.N., en la que se han definido unos valores de referencia para conseguir la eficacia dialítica. Para obtener de manera eficaz la dosis de diálisis administrada al paciente y poder adecuarla a sus necesidades, se emplea el biosensor de aclaramiento de urea o dialisancia iónica. Este permite a los profesionales sanitarios saber a tiempo real cómo de efectiva está siendo la sesión de diálisis, es decir, el grado de eliminación de las toxinas urémicas.

Por otro lado, gracias a este dispositivo se conoce la cantidad de sodio en el líquido de diálisis, el cual puede pasar a la sangre del paciente y provocar hipertensión arterial, junto con un

Detalle técnico: Biosensores

Volumen plasmático

Se controla la densidad de la sangre y el relleno vascular del paciente a través de la monitorización del hematocrito o la viscosidad sanguínea. El control de estos dos parámetros se puede realizar mediante diferentes tecnologías como la emisión de rayos infrarrojos o la emisión de ultrasonidos; el primero a través de rayos infrarrojos y el segundo por ultrasonidos. La reducción del volumen relativo de sangre (aumento de la hemoconcentración) puede conllevar un episodio de hipotensión causado por un volumen de ultrafiltración superior al de relleno, de manera que se debe modificar y reducir la tasa de ultrafiltración. Si se incrementa el volumen relativo de sangre, informa sobre la posibilidad de aumentar la ultrafiltración.

Aclaramiento de urea

Los distintos biosensores emplean diferentes tecnologías para realizar la monitorización del aclaramiento. La tecnología más usada es la dialisancia iónica, que se define como la transferencia de iones (aclaramiento) a través de la membrana del dializador. Se monitoriza el aclaramiento de sodio, porque el peso molecular del sodio y de la urea es similar, por lo que el aclaramiento se puede considerar equivalente.

La dialisancia iónica se entiende como el paso de iones a través de la membrana semipermeable del dializador, y es sinónimo del aclaramiento del dializador.

Durante la terapia se realiza una monitorización de la conductividad a la entrada y salida del dializador mediante células de conductividad del circuito hidráulico. Esto es posible debido a que uno de los principales componentes del líquido de diálisis es el cloruro sódico (sal), que representa un 94% de su conductividad⁽⁶²⁾, y el ion más frecuente en la sangre es el sodio.

A través de los valores referidos, la conductividad plasmática y la dialisancia iónica, se podrá obtener la Kt/V (dosis de diálisis). La K entendida como el aclaramiento de urea, la t como la duración de la sesión y la V como la distribución del volumen de urea en el cuerpo.

Temperatura

Realiza dos funciones, monitoriza la temperatura del cuerpo del paciente y calcula la recirculación del acceso vascular, es decir, el volumen de sangre que ha pasado por el dializador y vuelve directamente al acceso vascular sin pasar por el cuerpo del paciente.

^{xxiv} Volumen sanguíneo.

^{xxv} Ratio entre el volumen de sangre en un momento determinado de la sesión y el volumen de sangre al inicio de la sesión.

Detalle técnico: Biofeedback

Volumen plasmático

La regulación del volumen de ultrafiltración se realiza automáticamente por medio del *biofeedback* de volemia. Su funcionamiento consiste en fijar valores de diferentes parámetros, dependiendo del monitor, como rango de conductividad plasmática, rango de ultrafiltración y ratio de contracción de la volemia por litro ultrafiltrado. Teniendo en cuenta estos valores, se realiza la sesión de diálisis con un volumen de ultrafiltración máximo. El sistema modifica automáticamente la tasa de ultrafiltración en función del relleno vascular del paciente. En el momento en que se contraiga la volemia, este valor se modifica para volver a alcanzar el volumen relativo de sangre óptimo del paciente.

Aclaramiento de urea

Se establece como valor referencia la conductividad plasmática deseada o el punto crítico en el cual el paciente desarrolla eventos adversos, con el objetivo de conseguir un aclaramiento de sodio máximo, siempre teniendo en cuenta que no debería haber grandes diferencias entre el volumen de sodio en la sangre y en el líquido de diálisis. El funcionamiento del sistema consiste en modificar la conductividad del líquido de diálisis para alcanzar la conductividad plasmática deseada.

Temperatura

Monitoriza la temperatura del paciente, y en caso de un aumento de la misma automáticamente disminuye la temperatura del líquido de diálisis para compensarlo. Este proceso, llamado *hemodiálisis isotérmica*, tiene por objetivo mantener la temperatura corporal central inicial estable durante todo el tratamiento.

aumento de la sensación de sed, o bien puede ser aclarado más de lo necesario, produciendo episodios de hipotensión, calambres, etc. De esta manera se consigue que el paciente tenga los niveles de sodio prescritos, consiguiendo así una mayor tolerancia de la sesión.

Biosensor de temperatura sanguínea

La monitorización de la temperatura del paciente se realiza a través del control de la temperatura sanguínea de las líneas arterial y venosa. Al medir la temperatura de la línea arterial, el dispositivo proporciona la temperatura corporal central del paciente.

A través de la aplicación de cambios de la temperatura en la línea venosa y la respuesta en la arterial se calcula la recirculación del acceso vascular. Es decir, se mide la cantidad de sangre que no llega a pasar por los capilares vasculares y, por tanto, no recoge las toxinas urémicas de los tejidos. Esto es muy relevante para anticiparse a posibles problemas de efectividad del tratamiento y de mal función del acceso, permitiendo correcciones tempranas.

En la actualidad, el biosensor más extendido es el que calcula el aclaramiento de urea, aunque progresivamente se está incorporando el uso de otros biosensores que favorecen la tolerancia del paciente a la diálisis.

Biofeedback

El *biofeedback* es un mecanismo que regula automáticamente los diferentes parámetros medidos por los biosensores, como son la volemia, la conductividad plasmática y la temperatura. Su incorporación permite un gran avance en el control del paciente de forma rutinaria y en cada sesión de diálisis a tiempo real.

Los principales *biofeedback* contribuyen a evitar que el paciente sufra efectos adversos, como son los episodios de hipotensión. Esto se logra con el *biofeedback* de volumen plasmático a través de la regulación de la ultrafiltración y con el *biofeedback* de conductividad plasmática a través de la modificación del contenido de sodio en sangre. De esta manera se evita que la sesión finalice de forma anticipada, perdiendo eficacia dialítica, que no se consiga el objetivo de ultrafiltración con la consecuente sobrehidratación del paciente, o que la elevada cantidad de sodio en sangre lleve al paciente a la ingesta de grandes cantidades de agua que conllevan ganancias de peso y el aumento de la presión arterial.

Por otro lado, la temperatura corporal del paciente puede incrementar debido a diferentes motivos, como, por ejemplo, posibles reacciones inflamatorias por contacto de la sangre con material artificial o falta de pérdida de temperatura a través de la piel, contribuyendo a la inestabilidad hemodinámica. Para evitar la subida de temperatura y lograr una diálisis isotérmica se emplea el *biofeedback* de temperatura, que modifica automáticamente la temperatura del líquido de diálisis para que se mantenga la temperatura del paciente dentro del valor prescrito.

A pesar de que los biosensores y los sistemas de *biofeedback* ya se encuentran disponibles en el mercado y los beneficios que podría aportar su uso son significativos, la incorporación de estos como un proceso estandarizado y su uso cotidiano en las unidades de hemodiálisis aún no se ha conseguido. En este sentido, los expertos también apuntan que se deben destinar más esfuerzos en formación sobre la utilidad clínica de estos dispositivos.

Los beneficios plasman la importancia del uso estandarizado de los biosensores, ya que puede generar una potencial mejora de la tolerancia y la efectividad del tratamiento durante todas las sesiones de hemodiálisis.

6.3. Otros dispositivos

Actualmente, no solo los biosensores monitorizan parámetros, sino que existen otros dispositivos que realizan una función similar, pero sin estar incorporados en el monitor de hemodiálisis, de manera que no son considerados biosensores, como es el caso del monitor de bioimpedancia.

Monitor de bioimpedancia

La composición corporal del paciente representa un factor importante en el manejo del paciente con ERC debido a que las alteraciones en la nutrición e hidratación están estrechamente relacionadas con el pronóstico de vida de los pacientes⁽⁶³⁾. Entre los procedimientos para su valoración, la bioimpedancia eléctrica se caracteriza por su sencillez, y desde su introducción en la práctica clínica se ha mejorado de forma significativa.

Por ese motivo, el análisis de bioimpedancia es de especial relevancia, ya que proporciona información relacionada con el grado de nutrición e hidratación del paciente. Este análisis se realiza mediante un principio de bioimpedancia bioeléctrica con el que se obtienen los parámetros eléctricos del cuerpo humano, y así parámetros clínicos como la hidratación, nutrición y volumen de distribución de la urea. El manejo de líquidos y el control de la nutrición ayudan a mantener el fluido por debajo de un nivel crítico para evitar daños cardiovasculares y prevenir la malnutrición por un diagnóstico precoz.

Los pacientes con enfermedad renal crónica suelen sufrir desnutrición o sobrehidratación, este último considerado factor de riesgo de morbilidad tanto en pacientes en HD como en DP^(63;64). Así, disponer de esta información permite a los profesionales sanitarios conseguir un diagnóstico precoz y controlar los diferentes parámetros, que pueden ayudar a detectar cambios reversibles en los pacientes.

6.4. Beneficios

La incorporación de los biosensores, a pesar del largo camino que queda por recorrer, ha proporcionado **múltiples beneficios**, tanto para pacientes como para profesionales sanitarios y, por ende, para los gestores sanitarios. La dialisancia iónica ha sido un ejemplo del potencial que tienen estos dispositivos, ya que según los expertos se considera como la mayor evolución en este ámbito. Su empleo ha mejorado de manera significativa la **calidad asistencial**. Además, la amplia información sobre la situación del paciente que ofrece el conjunto de biosensores repercute significativamente en los **mejores resultados de la terapia**.

De manera más precisa, el conjunto de funcionalidades de los biosensores permiten la **mejora de la tolerancia de la diálisis gracias a la reducción de complicaciones y efectos adversos**, proporcionando una **mayor seguridad** y contribuyendo a la mayor confianza de los pacientes en el tratamiento. Esto se debe a que los biosensores han facilitado a los profesionales sanitarios un **mayor control y manejo del paciente** durante las sesiones de diálisis.

Del mismo modo, si se asocian los datos y parámetros que generan los biosensores con el *software* de gestión del paciente renal, se permite a los profesionales realizar un **seguimiento continuo de la situación del paciente**, tanto durante la sesión como a lo largo del tratamiento de diálisis. Durante la sesión de diálisis, la **monitorización de los parámetros** permite al personal de enfermería **anticiparse y prevenir posibles complicaciones**. Asimismo, a largo plazo, el uso de los biosensores facilita aún más la **personalización del tratamiento** en función de las necesidades del paciente con base en la gestión de los datos recogidos durante las distintas sesiones.

De entre todos los biosensores, el que más impacto ha tenido en la práctica clínica ha sido el de dialisancia iónica. Esto es debido a que facilita conocer la **dosis de diálisis exacta necesaria** para el paciente obtenida durante toda la sesión, lo que posibilita el reajuste de los demás parámetros para alcanzar la dosis deseada. Así, ha comportado una notable mejora, ya que en el pasado se debía calcular la Kt/V manualmente para una sesión al mes y se extrapolaba al resto de sesiones. En estos casos, los resultados podían ser erróneos y no se podía obtener la información de manera inmediata, lo que alargaba la sesión y, con ello, el tiempo de estancia del paciente en el hospital. Además, se han reducido los efectos adversos en el paciente causados por una baja administración de la dosis de diálisis.

Tener monitorizado al paciente permite también mejorar la prescripción de los fármacos asociados a la enfermedad y **anticipar y planificar actuaciones sanitarias**, que pueden evitar situaciones de urgencia, con el importante ahorro económico que eso conlleva. A modo de ejemplo, si no se alcanza el aclaramiento prescrito, el biosensor de temperatura puede indicar a los profesionales sanitarios la causa para que se pueda solucionar. En el caso de una recirculación alta en el acceso vascular que reduce la efectividad de la sesión, el profesional sanitario lo puede consultar en el biosensor para solucionar el problema.

Por otro lado, el empleo de sistemas de *biofeedback*, que **automatizan el ajuste de parámetros** que hoy en día se realiza de manera manual, tendría un **impacto directo en el aumento de la seguridad de la sesión de diálisis** de aquellos pacientes para los que está indicado, debido a la disminución de errores. Además, permitiría una **reasignación de recursos**, pudiéndose dedicar más tiempo al manejo de los

pacientes, proporcionando, por ejemplo, educación sanitaria preventiva, nutrición o ejercicio. En esta línea, según un estudio del *biofeedback* de volemia se podría llegar a reducir la intervención del personal de enfermería hasta un 43%⁽⁹⁾.

Asimismo, la incorporación del monitor de bioimpedancia proporciona una rápida visión del **estado de nutrición e hidratación del paciente**, así como del volumen de distribución de urea, permitiendo un **mayor control del paciente** y así **prevenir efectos adversos**⁽⁶⁵⁾ y reducir el riesgo de morbilidad^{xxvi} derivado de la sobrehidratación^(63;64).

En conjunto, el uso de esta tecnología aumenta la calidad asistencial gracias al **mayor control** que tienen los profesionales sanitarios y, por consiguiente, **facilita la prevención de complicaciones**. A pesar de que no hay estudios específicos en este ámbito, los expertos coinciden en que su uso comporta un ahorro en estancias hospitalarias y en la administración de fármacos (**Figura 21**).



^{xxvi} Enfermedades que causan la muerte.

7 | Dializadores

Objetivo

Eliminar las toxinas urémicas retenidas y generadas por la insuficiencia renal crónica. Es la parte fundamental del sistema de depuración extracorpórea en hemodiálisis y se compone de una carcasa que contiene una membrana semipermeable que separa los compartimentos por donde circulan la sangre y el líquido de diálisis.

7.1. Introducción

Los dializadores^{xxvii} han evolucionado significativamente a lo largo de la historia de la diálisis (**Figura 22**). Desde que Tomas Graham en 1861 empezó a emplear el término *diálisis*, demostrando que un parche vegetal podía actuar como membrana semipermeable, se ha experimentado un extraordinario desarrollo tanto en sus fundamentos teóricos y experimentales, como en su evolución tecnológica.

El dializador ha evolucionado tanto en relación a su diseño como en la geometría y composición de la membrana. Esta última es la que ha experimentado un mayor avance a lo largo de la historia.

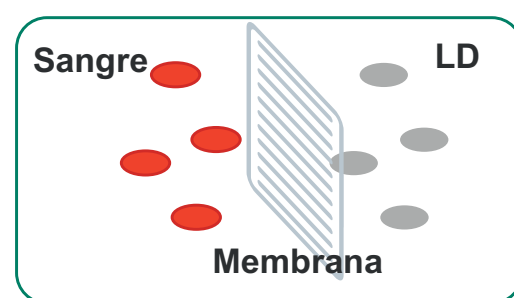
Originalmente se empleó un material de origen vegetal, y a finales de los años 50, Frederik Kiil desarrolló un dializador en el que se empleó por primera vez una membrana de celulosa regenerada con cuproamonio (*cuprophane*)⁽⁴²⁾. Desde entonces hasta la actualidad se han empleado distintos tipos de materiales, siendo ampliamente desarrolladas las membranas sintéticas por sus características mejoradas de biocompatibilidad y permeabilidad. Actualmente, las más usadas son las membranas sintéticas.

El desarrollo de las membranas semipermeables ha ido encaminado a conseguir aclaramientos adecuados de toxinas urémicas lo más similares al riñón y a alcanzar una elevada biocompatibilidad de las membranas. Esto, unido a la tendencia de acortar las sesiones de diálisis a mediados de los años 70, impulsó el desarrollo de nuevas membranas más porosas obtenidas a partir de materiales sintéticos o por la modificación de las membranas de celulosa.

En relación al diseño de la carcasa, su tamaño ha sido reducido para evitar los espacios muertos o aire en su interior, maximizando el contacto del líquido con la sangre y minimizando la posible coagulación de la misma.

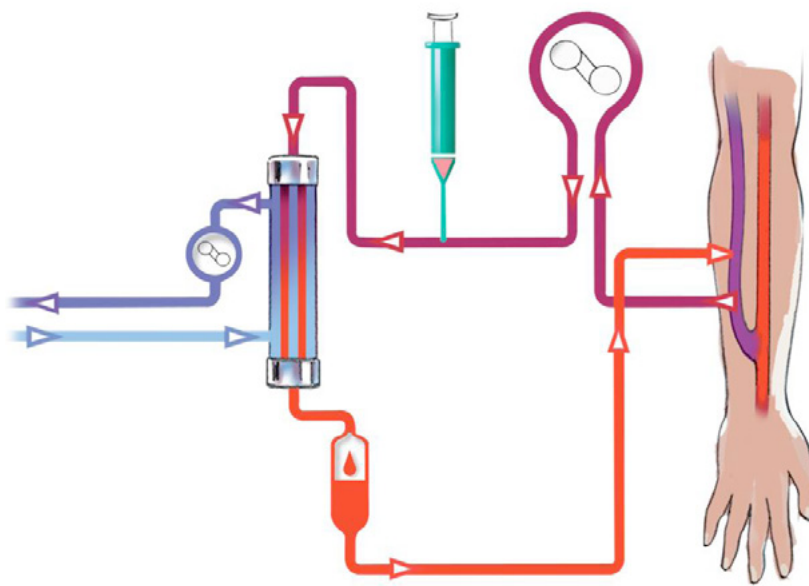
El diseño geométrico del dializador ha evolucionado desde una placa plana hasta alcanzar la forma de fibras capilares de hoy en día. En el modelo capilar, en el interior de la carcasa se encuentran múltiples fibras huecas dispuestas en forma de haz, por cuyo interior circula la sangre del paciente⁽⁶⁶⁾.

Figura 22. Interior del dializador



Fuente: Análisis EY.

^{xxvii} Ver Glosario técnico para más detalle.



Por otro lado, el proceso de esterilización de los dializadores es clave para mantener los estándares de calidad y evitar reacciones adversas al tratamiento. Este ha ido evolucionando con los años, desde la esterilización por EtO^{xxviii} hasta la radiación gamma. En la actualidad el sistema por excelencia es utilizar el vapor en línea o en autoclave⁽⁶⁷⁾.

La combinación de diferentes tecnologías en la mejora de los dializadores a lo largo del tiempo ha ido

orientada a desarrollar membranas biocompatibles de alta permeabilidad que permitan una mejor eliminación de toxinas urémicas, mejorando los resultados de los pacientes y facilitando su uso por el personal sanitario.

La disponibilidad de membranas biocompatibles de alta permeabilidad y con un alto coeficiente de cribado permite la eliminación de toxinas de alto peso molecular debido a los altos volúmenes convectivos y, a su vez, posibilita un máximo rendimiento del tratamiento en HDF-OL⁽⁶⁸⁾. Por un lado, la biocompatibilidad de la membrana evita reacciones inflamatorias y efectos adversos y, por el otro, la alta permeabilidad de la misma es clave para lograr un alto flujo de ultrafiltración y unos altos volúmenes convectivos que mejoren la supervivencia y minimicen comorbilidades asociadas en el paciente, reduciendo complicaciones en el paciente a largo plazo. Estos dos aspectos, junto con las características del dializador y del paciente, determinan la elección de las membranas por parte de los nefrólogos.

En la actualidad, los esfuerzos se centran en aumentar el volumen convectivo con el objetivo de eliminar de manera más efectiva moléculas medianas y grandes como la β_2 -microglobulina^{xxix} y la mioglobina^{xxx}, evitando la eliminación de proteínas esenciales para el organismo, como es el caso de la albúmina. Asimismo, los expertos destacan la importancia de seguir trabajando en la eliminación de toxinas unidas a proteínas que por convección no se eliminan^(69;70). En este sentido, el desarrollo de técnicas más modernas de los sistemas de fabricación de los dializadores ha posibilitado la obtención de dializadores con un perfil de eliminación de toxinas superior en técnicas de hemodiálisis tradicional⁽⁷¹⁾.

^{xxviii} Óxido de etileno.

^{xxix} Proteína eliminada por el riñón. Debido a la insuficiencia renal se acumula y puede generar el síndrome del túnel carpiano y amiloidosis.

^{xxx} Hemoproteína presente en el corazón y en el músculo esquelético.

Detalle técnico: Propiedades del dializador

Propiedades estructurales

1. **Origen.** Material sintético o celulosa modificada.
2. **Estructura.** Grosor de la membrana; según este, puede ser simétrica, con un grosor homogéneo, o asimétrica, de distribución heterogénea.
3. **Polaridad.** Carga eléctrica en la superficie; generalmente es negativa.
4. **Interacción con agua.** Hidrofílicas, que absorben agua siendo menos biocompatibles y con más capacidad difusiva, o hidrofóbicas, que no interaccionan con el agua, son más biocompatibles y con alta capacidad de ultrafiltración.
5. **Biocompatibilidad.** Capacidad de la membrana para generar una respuesta inflamatoria del paciente. Es clave el polímero utilizado en la fabricación de la membrana.

Propiedades funcionales

6. **Permeabilidad.** Paso de las moléculas y líquido de diálisis a través de la membrana. Pueden ser:
 - Permeabilidad al agua: se mide por el KuF, que es el coeficiente de ultrafiltración.
 - Permeabilidad difusiva a los solutos: se mide por el KoA, que es la eficacia depuradora.

Figura 23. Valores referencia de permeabilidad

Permeabilidad	Baja	Media	Alta
• Al agua (KuF)	< 10-12	12-20	> 20
• A los solutos (KoA)	< 400	400-700	> 700

Fuente: Martín M, Francisco A. Dializadores y membranas de diálisis. Nefrología [Internet]. 2012 [citado 11 oct 2016]; 7 (1): 0; Análisis EY.

7. **Coefficiente de cribado.** Permeabilidad a los solutos, la cual define la calidad convectiva. El valor oscila entre 1 (máxima eliminación) y 0 (no hay eliminación). Es deseable utilizar membranas con una alta capacidad de eliminar toxinas urémicas sin llegar a perder albúmina.
8. **Aclaramiento.** Capacidad difusiva de la membrana. Determina la dosis de diálisis adecuada, medida por el Kt/V. La K es el aclaramiento de urea, la t es la duración de la sesión de diálisis y la V es el volumen de distribución de la urea. La dosis de diálisis recomendada es un Kt/V $\geq 1,3$ ⁽⁶⁾.
9. **Adsorción.** Proceso de eliminación de algunas toxinas urémicas por adherencia de las mismas a la membrana. Actualmente, los expertos indican que esta propiedad requiere un mayor desarrollo.

7.2. Características

El dializador es la parte fundamental del sistema de depuración extracorpórea con hemodiálisis. A través de él, se produce el filtrado de la sangre de las toxinas urémicas.

El dializador se compone de una carcasa que contiene una membrana semipermeable, la cual separa dos compartimentos por donde circulan la sangre y el líquido de diálisis.

La evolución de la membrana ha permitido ampliar la elección de dializadores disponibles. Estos dispositivos son de un solo uso, por lo que no son reutilizables. Cada paciente dispone de un tipo de dializador adecuado a la técnica prescrita por el nefrólogo. Tanto la técnica como el dializador son elegidos en función de las características de cada paciente, teniendo en cuenta que solo se pueden emplear técnicas convectivas si se dispone de líquido de diálisis ultrapuro en el centro u hospital en el que se realiza el tratamiento.

El diseño de la membrana debe ser el óptimo para llevar a cabo eficazmente el proceso de difusión y convección, evitando zonas de espacio muerto, coagulación de la sangre o contacto con el aire.

Para lograr resultados positivos, es esencial considerar la composición y las características del dializador, ya que es en este donde la sangre entra en contacto con agentes externos, como la membrana y el líquido de diálisis. Por estos motivos, se requieren membranas altamente biocompatibles para evitar cualquier respuesta inflamatoria del paciente, además de un líquido de diálisis ultrapuro.

Tipos de dializadores

Los dializadores se pueden clasificar según su diseño geométrico, composición de la membrana y capacidad de eliminar solutos. En la actualidad, el diseño geométrico del dializador es el modelo capilar, el diámetro de las fibras capilares y la

mejora en la porosidad de la membrana se relacionan directamente con el proceso convectivo; así, a menor diámetro capilar mayor capacidad convectiva, y a mayor superficie del dializador mayor difusión.

Las membranas se pueden dividir en función de su composición en celulósicas, celulósicas modificadas y sintéticas, siendo estas últimas las más usadas debido a su mayor biocompatibilidad. Sin embargo, la tendencia actual es clasificarlas en relación a sus propiedades estructurales y funcionales.

Las primeras hacen referencia a características como la composición química, la estructura simétrica o asimétrica del grosor de la membrana, la polaridad, la interacción con el agua y la biocompatibilidad.

En relación a las propiedades funcionales, se tiene en cuenta la permeabilidad tanto al agua como a los solutos, el coeficiente de cribado relacionado con la capacidad convectiva, el aclaramiento relacionado con la capacidad difusiva y la capacidad adsorptiva.

Según estas propiedades se distinguen dializadores de bajo o alto flujo.

■ **Bajo flujo:** son de baja permeabilidad para el agua y los solutos. Estos dializadores solo son aptos para realizar hemodiálisis de bajo flujo. El proceso físico predominante es la difusión.

■ **Alto flujo:** son de alta permeabilidad para el agua y los solutos, siendo aptos y recomendables para todo tipo de técnicas. En este caso, existen dos procesos físicos: difusión y convección^(72;73).

7.3. Beneficios

La incorporación de los nuevos dializadores ha supuesto una **reducción de los efectos adversos y las complicaciones en los pacientes**, aumentando así su **calidad de vida** y proporcionando una **mejora asistencial** al paciente renal (**Figura 24**).

Avances en el material, diseño y permeabilidad de la membrana han sido claves para la mejora en el tratamiento de diálisis, proporcionando una **mejor recuperación después de la sesión**. Asimismo, estos avances han proporcionado a los especialistas una mayor variedad de dializadores, lo que ha hecho posible su **elección en función de la técnica más apropiada para el paciente**.

Cabe destacar las mejoras en la eficiencia que ha aportado el diseño del dializador. El modelo capilar ha facilitado que el **tratamiento sea más eficiente**, obteniendo mejores resultados con el mismo coste y la misma duración de la sesión de diálisis. De esta manera, se trata de un **proceso más efectivo** debido a que se reducen los espacios muertos dentro de la carcasa, se aumenta el volumen de sangre que entra en contacto con la pared de la membrana y se perfecciona el diseño para **optimizar la eliminación de toxinas urémicas**.

La incorporación de **membranas sintéticas** y de **alta permeabilidad** y con **altos coeficientes de cribado** permite alcanzar altos volúmenes convectivos y de sustitución, acompañado de una elevada eliminación de toxinas urémicas, que posibilitan a los profesionales sanitarios el empleo de **técnicas convectivas como la HDF-OL**, técnica que ha demostrado una mayor supervivencia, incluyendo una disminución de la mortalidad global, por causa cardiovascular y por infección, especialmente cuando se llevan a cabo altos volúmenes de reinfusión⁽⁴⁾.

El uso de membranas sintéticas de los actuales dializadores ha aumentado la biocompatibilidad, **reduciendo tanto episodios inflamatorios como reacciones adversas** y complicaciones a largo plazo. Esto,

unido a la capacidad adsorptiva de la membrana para la eliminación de endotoxinas y la esterilización por vapor, proporcionan membranas altamente biocompatibles que **minimizan las reacciones adversas en los pacientes y potencian una mejor diálisis**.

Además, cabe resaltar el **ahorro económico** que han supuesto los nuevos dializadores en la **administración de fármacos** como la EPO, quelantes de fósforo e hipotensores. De este modo, los costes asociados a la **administración de EPO**, considerada la mayor carga económica en el consumo de fármacos, se han visto **disminuidos notablemente** debido a la **reducción de los casos de anemia** como consecuencia del uso de membranas sintéticas, sobre todo en técnicas altamente convectivas. Se ha estimado que el uso de membranas sintéticas de última generación disminuye aproximadamente un 14%⁽¹⁰⁾ la necesidad de administrar EPO para tratar la anemia. Teniendo en cuenta que el coste anual de EPO por paciente asciende a 2.381,98 €⁽⁵¹⁾, esta reducción implicaría un ahorro de 333 € por paciente, lo que reduciría el gasto a 2.048,50 €. Si se considera que en 2015 en España se trataron 23.693 pacientes en hemodiálisis⁽²⁾, el ahorro total a nivel nacional ascendería a 7,8 millones de euros aproximadamente.

El paciente también se ha visto beneficiado por una **mayor tolerancia hemodinámica**, sobre todo gracias a la **reducción de episodios de hipotensión**, de manera que el paciente tiene una mejor recuperación de la sesión de diálisis y además, como apuntan los expertos, se reducen complicaciones a largo plazo derivadas de la reiteración de estos episodios. Asimismo, este tipo de membranas eliminan la β_2 -microglobulina, logrando una reducción del síndrome del túnel carpiano –disminuyendo así el número de operaciones asociadas a este síndrome– y la amiloidosis^{xxxxi}, directamente relacionada con altos valores en sangre de esta proteína.

Finalmente, cabe destacar que la arteriosclerosis, que es uno de los principales factores de riesgo entre los pacientes con insuficiencia renal, se ha disminuido gracias a la reducción de lípidos que se obtiene dializando con membranas sintéticas y de alta permeabilidad⁽⁷⁴⁾. Otros beneficios derivados del empleo de estos dispositivos son la mejora de leucocitos y neutrófilos en sangre y el menor riesgo de trombos debido a una menor activación plaquetaria.

Todos estos factores plasman el impacto que ha supuesto el uso de los nuevos dializadores en la calidad de vida del paciente, **reduciendo efectos adversos y complicaciones**, y que a su vez han contribuido a la **disminución de la administración de fármacos** para el manejo del tratamiento. Esto ha sido clave para aumentar el **control del paciente** por parte de los profesionales sanitarios y **reducir el número de ingresos hospitalarios**.



Figura 24. Beneficios clave de los dializadores



Fuente: Análisis EY

^{xxxxi} Acumulación de proteínas de la sangre en articulaciones y tendones causando dolor, rigidez y líquido en estas.

8 | Software de gestión del paciente renal

Objetivo

Gestionar de manera integral la información del paciente en TRS.

8.1 Introducción

El origen de la integración de datos para la gestión del tratamiento de diálisis tuvo lugar a finales de la década de los 90. A lo largo de estos años se ha ido perfeccionando hasta obtener un sistema de gestión del paciente renal en TRS.

8.2. Características

La información de los pacientes en TRS se ha integrado en un mismo programa informático, conformando el *software* de gestión del paciente renal. La cobertura del *software* se extiende a todos los pacientes en TRS, aunque, en algunos casos, también a aquellos con ERC en los estadios 3 y 4, incluyendo los que se manejan en la consulta ERCA y los que se encuentran en tratamiento conservador o en trasplante.

En la actualidad, existen varios sistemas de información de distintos proveedores, aunque todos ellos se caracterizan por ser accesibles, claros e intuitivos, propiedades altamente valoradas por los nefrólogos.

En los próximos años el reto radica en la integración de esta base de datos con la plataforma del hospital, la historia clínica del paciente e, incluso, con los programas que se utilizan en distintos departamentos, como el laboratorio del hospital o radiología, impulsando así la coordinación entre los especialistas de otros servicios médicos. En esta línea, los expertos remarcan la necesidad de que los sistemas se comuniquen e integren la información entre sí, favoreciendo la generación de indicadores comunes y parámetros clave que faciliten el manejo de estos pacientes por parte de otros profesionales en caso de que sea necesario.

Por otro lado, los líderes de opinión apuntan como tendencia futura la introducción del *big data* como herramienta de mejora para el manejo del paciente renal. Se espera que gracias a la generación y análisis de los datos almacenados en el sistema se puedan definir pautas recomendadas de tratamiento en función de las características de los pacientes, así como realizar pronósticos clínicos.

Funcionamiento

El *software* se nutre de información que proviene de los monitores en hemodiálisis en centro automáticamente o de la cicladora en diálisis peritoneal a través de la tarjeta de lectura digital.

En el caso de hemodiálisis en centro, el intercambio de información entre los monitores y el *software* es bidireccional; es decir, se transfiere información del *software* al monitor y viceversa, aunque para ello se requiere que el *software* y los monitores sean de la misma casa comercial. En este sentido, los nefrólogos pueden transferir la prescripción junto a todos los parámetros necesarios directamente al

monitor, lo que a su vez permite controlar la sesión por el personal de enfermería, y en el caso de cualquier complicación o evento adverso el mismo *software* instantáneamente lo notifica. Según los expertos, se debería potenciar esta bidireccionalidad de la información, así como que los *softwares* fueran abiertos para poder conectar distintos tipos de monitores, independientemente del proveedor comercial.

Por otro lado, en la diálisis peritoneal automatizada, el paciente dispone de una tarjeta de lectura digital que incluye todos los datos y parámetros necesarios para llevar a cabo la sesión de diálisis. Dicha tarjeta almacena los datos generados durante la sesión, y cuando el paciente visita el nefrólogo se la transfiere para que este disponga de la información. De todos modos, actualmente se están introduciendo paulatinamente nuevos dispositivos que disponen de sistemas de conectividad a distancia.

Los expertos apuntan a que la automatización de la transferencia de información de la cicladora al *software* permite realizar una transmisión de datos inmediata, así como programar el dispositivo en remoto. La principal ventaja de este sistema es la posibilidad que tienen los especialistas para acceder y controlar el tratamiento que está siguiendo el paciente en su domicilio en tiempo real.

Además de los datos obtenidos de los monitores y de la cicladora o tarjeta de lectura digital, el *software* dispone de datos de información clínica como antecedentes personales, tratamientos, pruebas complementarias y analíticas, que son fundamentales para el adecuado manejo del paciente.

En hemodiálisis domiciliaria, a día de hoy no se dispone de un *software* que permita al nefrólogo controlar y revisar los parámetros del paciente aunque se espera su introducción próximamente. Hoy en día, el paciente trasfiere los datos manualmente, lo que puede llevar a error, y el nefrólogo no dispone de esa información hasta que el paciente visita al médico, es decir, una vez al mes. Los expertos apuntan que es clave avanzar en este punto para poder aumentar el número de pacientes en terapia de hemodiálisis domiciliaria y así permitir que estos se beneficien aún más de esta técnica.



De manera global, la información facilita la personalización y adecuación del tratamiento de diálisis a las necesidades del paciente. Asimismo, a partir de ella se pueden desarrollar estudios e informes para la consiguiente evaluación y mejora de la asistencia, así como acceder a los tratamientos que prescriben los diferentes nefrólogos de una misma unidad.

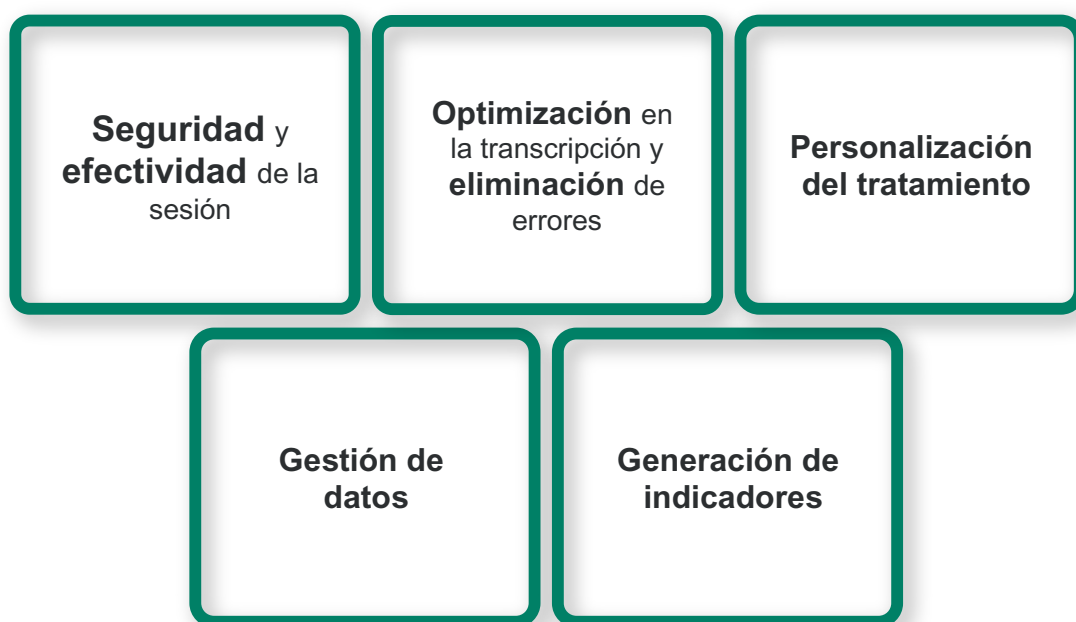
8.3. Beneficios

Según los expertos, la incorporación del *software* de gestión del paciente renal en el tratamiento de pacientes en TRS, a pesar de que no haya estudios que lo corroboren, ha comportado **múltiples beneficios para los profesionales médicos**, tanto especialistas como enfermería, que han tenido un **impacto directo en la mejora de la calidad del tratamiento (Figura 25)**.

Así, la **calidad asistencial** se ha visto mejorada notablemente gracias al aumento en la **seguridad y el control del paciente** como consecuencia de la **disponibilidad de datos de manera inmediata y fácil**. Cabe destacar que esto ha sido posible debido a la **eliminación de errores derivados de la transcripción manual de los datos**, incluyendo los parámetros que se introducían al inicio de la sesión como los resultados recopilados durante la misma. En esta línea, se ha logrado una **mejora en la eficiencia** derivada de la reducción de tiempo en la transcripción de información y la **optimización de los procesos asistenciales**.

De esta manera, se ha disminuido la carga de trabajo del personal de enfermería, lo que ha permitido una **reasignación de recursos en el manejo del paciente renal** o incluso la reorganización de los horarios de los distintos turnos, optimizando el tiempo de preparación de los monitores y favoreciendo que

Figura 25. Beneficios clave del *software* de gestión del paciente renal



Fuente: Análisis EY

los pacientes del último turno puedan regresar antes a sus domicilios. Esto ha derivado en una **mejor gestión del uso de los recursos** y, por consiguiente, en una **mayor eficiencia del tratamiento**.

Por otro lado, el *software* ha permitido avanzar en la **personalización del tratamiento**, es decir, adecuarlo a las necesidades del paciente tanto durante la sesión como a lo largo del tratamiento de diálisis, ya que permite una visión global del paciente. El conjunto de datos recogidos durante las sesiones posibilita el análisis de estos para mejorar el tratamiento, de manera que la toma de decisiones se realiza en base a datos reales y actuales. Esta tecnología también ha facilitado la explotación de toda esta información mediante la **creación de indicadores de calidad** que se calculan automáticamente, cuadros de mando, controles de incidencia, prevalencia y mortalidad, entre otros.

Del mismo modo, la disponibilidad de datos **contribuye al desarrollo de investigación y ensayos clínicos**. Además, en el caso de la hemodiálisis, la disponibilidad de los parámetros en tiempo real permite a los profesionales sanitarios la **anticipación y la prevención de complicaciones y efectos adversos**.

A pesar de que los pacientes no perciban directamente los beneficios asociados al uso del *software*, los expertos apuntan a una **mayor confianza** debido al mayor control y seguridad que aprecian por parte del nefrólogo y el personal de enfermería en el manejo integral de su enfermedad.

9 | Conclusiones

1 En España hay aproximadamente 55.000 pacientes en TRS y cerca del 50% se mantienen vivos gracias al tratamiento de diálisis

La enfermedad renal crónica es una de las patologías crónicas más prevalentes en España, afectando a cerca del 10% de la población⁽¹⁾. Además, se considera una enfermedad de alto impacto económico, ya que los TRS representan entre el 2,5% y el 3% del presupuesto del SNS⁽¹⁾.

En los estadios más avanzados, se puede requerir de un tratamiento renal sustitutivo, como la diálisis o el trasplante de riñón. En la actualidad, 55.000 pacientes⁽¹⁾ (0,12% de la población del país) reciben un TRS, siendo el más empleado el trasplante, con una penetración del 52,5% de los pacientes en 2015, seguido de la hemodiálisis en un 42% y la diálisis peritoneal en un 5,5%⁽²⁾, cuyo uso se está potenciando.

A pesar de que se inicie un tratamiento concreto, a lo largo de la vida del paciente se puede variar el tratamiento en función de las necesidades de este y su entorno. Asimismo, la mayoría de pacientes antes de ser trasplantados reciben un tratamiento de diálisis.

2 La atención al paciente renal crónico presenta una serie de retos y oportunidades para mejorar la calidad asistencial y en consecuencia la calidad de vida de los pacientes

La necesidad de potenciar un diagnóstico precoz de la enfermedad para retrasar la entrada de los pacientes en TRS requiere una mayor comunicación y coordinación entre atención primaria y nefrología. Por otro lado, la complejidad de la enfermedad requiere un abordaje multidisciplinar en el que se integre la provisión de servicios complementarios, como son la atención emocional y nutricional, así como la intervención de trabajadores sociales para dar soporte en la conciliación de la enfermedad con la vida personal y laboral.

Del mismo modo, aunque la figura de enfermería especializada ya es relevante, especialmente en la consulta de ERCA y en las sesiones de hemodiálisis, los expertos apuntan que es clave apostar por la formación de estos profesionales y potenciar aún más su rol en el manejo del paciente.

3 La innovación tecnológica de los tratamientos de diálisis ha supuesto una mejora significativa de la calidad de vida del paciente

Los principales beneficios derivados de la incorporación de nuevas tecnologías se han visto reflejados en la mejora del estado diario de los pacientes y en la reducción de complicaciones a largo plazo.

Tecnologías como el tratamiento de agua moderno, dializadores con membranas sintéticas de última generación y el control volumétrico de ultrafiltración en los monitores de hemodiálisis han favorecido que el paciente se encuentre mejor en su día a día debido a la reducción de episodios de hipotensión, vómitos y náuseas. A largo plazo, se han reducido importantes complicaciones como la arteriosclerosis, la amiloidosis y otras derivadas de las reacciones inflamatorias.

Por otro lado, la evolución de técnicas domiciliarias como la diálisis peritoneal y la hemodiálisis domiciliaria está permitiendo a los pacientes conciliar el tratamiento de su enfermedad con su vida diaria con mayor confianza y seguridad. Asimismo, los avances en la hemodiálisis domiciliaria han permitido que la terapia sea más fisiológica y así obtener mejores resultados.

4 La incorporación de nuevas tecnologías es indispensable para el empleo de tratamientos avanzados que aseguren la mejor asistencia al paciente renal

La provisión de un tratamiento de calidad va estrechamente ligada a la inversión en nuevas tecnologías. Así, por ejemplo, no es posible realizar HDF-OL sin un tratamiento de agua moderno y sin dializadores de alta permeabilidad. Estos son a su vez claves para la mejora del estado diario de los pacientes y la reducción de complicaciones a largo plazo.

Además, se debería impulsar la incorporación de los últimos avances tecnológicos en todo el territorio, asegurando que los pacientes tengan acceso por igual a las terapias más innovadoras que se adecuen a su perfil y a sus necesidades.

5 El empleo de nuevas tecnologías ha impactado directamente en la calidad asistencial, permitiendo la introducción de tratamientos personalizados y de mayor efectividad, al mismo tiempo que se minimizan los riesgos y se aumenta la seguridad

La calidad asistencial experimenta una mejora significativa con la inversión en nuevas tecnologías. Así, los últimos avances en tecnologías como monitores y dializadores posibilitan el desarrollo de las técnicas más novedosas que reducen riesgos y mejoran la efectividad del tratamiento.

Del mismo modo, la incorporación del software de gestión del paciente renal, unido a los biosensores, ha favorecido la personalización y la individualización de los tratamientos, así como la generación de diferentes indicadores asistenciales que permiten optimizar el manejo y el seguimiento del paciente, mejorando de esta forma la práctica clínica.

En la misma línea, la automatización de diversos procesos, como el mantenimiento y limpieza de los monitores o la fabricación del líquido de diálisis, ha permitido una reasignación de recursos y una mayor seguridad en el control y el mantenimiento de los equipos.

6 Los avances tecnológicos han potenciado la sostenibilidad del sistema debido a la reducción de costes en el manejo del paciente renal y a los mejores resultados en salud

La sostenibilidad del tratamiento se ha visto reforzada gracias a la mejora de la calidad asistencial, que ha repercutido en una reducción de los costes totales asociados a ingresos hospitalarios y a la administración de fármacos. De igual modo, los costes indirectos, como los derivados de la pérdida de productividad laboral, se han visto reducidos en el manejo de los pacientes en terapias domiciliarias.

Así, el uso de nuevas tecnologías ha repercutido notablemente en los costes derivados del tratamiento de los efectos adversos y complicaciones a largo plazo. Un ejemplo sería el uso de dializadores con membranas sintéticas de última generación, que ha permitido la reducción de la administración de ciertos fármacos, como en el caso de la EPO en un 14%⁽¹⁰⁾, lo que se traduce en un ahorro anual de 7,8 millones de euros.

Por otro lado, los resultados en salud de los pacientes se han visto mejorados gracias a la incorporación de nuevas tecnologías que permiten el empleo de técnicas innovadoras, como la HDF-OL, que ha reducido la mortalidad global en un 30%⁽⁴⁾. En la misma línea, la hemodiálisis domiciliaria ha demostrado una reducción del 13% del riesgo de mortalidad⁽⁵⁸⁾.

Asimismo, la innovación en técnicas domiciliarias, como la hemodiálisis domiciliaria y la diálisis peritoneal, conlleva un ahorro económico, no solo por la reducción de costes de transporte (4% del gasto del tratamiento)⁽⁷⁵⁾, sino que además se ha estimado un ahorro de más de 30 millones de euros anuales si se emplea la diálisis peritoneal en un 30% de los pacientes en diálisis⁽⁶⁾. Además, en hemodiálisis domiciliaria se ha demostrado, entre otros, una reducción de la administración de EPO en un 63%⁽⁵⁴⁾ y de antihipertensivos en un 31,5%⁽⁸⁾.

7

Es importante que los diferentes responsables y agentes del ámbito público y privado continúen asegurando la inversión e incorporación de innovaciones tecnológicas

Los múltiples y significativos beneficios asociados a la innovación tecnológica ponen de manifiesto la importancia de su incorporación para mejorar la calidad de vida del paciente, la calidad asistencial y la sostenibilidad del sistema.

España es líder mundial en trasplantes, siendo el de riñón el que más se realiza (62,1% en 2016)⁽¹¹⁾. Para seguir en esta línea, es primordial la incorporación de tecnologías innovadoras que permiten llegar al paciente en las mejores condiciones clínicas a la intervención y que ofrecen las mejores técnicas para el tratamiento continuo de la enfermedad.

En este contexto, los diferentes responsables y agentes del ámbito público y privado deben impulsar la inversión en innovaciones tecnológicas para los tratamientos de la diálisis tanto hospitalarios como domiciliarios, a la vez que siguen introduciendo medidas para incrementar la eficiencia del sistema y mejorar los resultados en salud. El abordaje de esta cuestión por parte de todos los agentes y en todas las regiones es indispensable para asegurar el acceso a las mejores terapias y a una atención al paciente renal de alta calidad.

Agradecimientos

El presente informe ha contado con la colaboración de la S.E.N., cuyos miembros han validado el contenido del informe. Además, también han participado representantes de otras entidades, como ALCER, SEDEN y SEDISA.

Sus continuas contribuciones han aportado un gran valor al estudio y han sido clave para el desarrollo del mismo. A todos ellos queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por su apoyo, su tiempo y su dedicación.

Empresas del Sector Nefrología que han participado en el estudio

- BAXTER, S.L.
- FRESENIUS MEDICAL CARE ESPAÑA, S.A.
- IZASA HOSPITAL, S.L.U.
- MEDTRONIC IBÉRICA, S.A.
- PALEX MEDICAL, S.A.

Carta de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica (SEDEN)

Desde la SEDEN (Sociedad Española de Enfermería Nefrológica) apoyamos totalmente las conclusiones de este estudio, ya que, como agente de participación directo sobre la aplicación de las nuevas tecnologías en el campo de la nefrología, somos plenamente conocedores de la importancia que presenta el fomento y la implantación de las mismas en el tratamiento del paciente renal, nuestro paciente.

Como sociedad científica que representa a los profesionales que se dedican al cuidado del paciente renal nos gustaría incidir en la importancia que presenta la formación del personal de enfermería nefrológica en el manejo de estas tecnologías, ya que somos los que, de una manera directa, trabajamos en el día a día con las tecnologías que se recogen en el presente estudio, sobre todo con las referentes a los monitores de diálisis y con las herramientas informáticas para el tratamiento de datos. De la misma manera, somos los responsables del proceso de educación y entrenamiento de los pacientes que realizan sus tratamientos domiciliarios.

Incidimos en la importancia de que la enfermería nefrológica sea reconocida como especialista, ya que el hecho de contar con personal experto y bien formado en nuestras unidades facilitaría sobremanera el proceso de implantación y aplicación eficiente de todas estas tecnologías, de manera que se les sacaría el mayor partido. Por desgracia, hoy en día no es una tarea sencilla, ya que el personal que llega a las unidades de nefrología no siempre es conocedor de las características del paciente renal y la formación que requieren resta posibilidades de aplicar a diario todas las herramientas de las que disponemos para optimizar sus tratamientos.

A pesar de lo expuesto anteriormente, el personal de enfermería responsable del paciente nefrológico utiliza en la medida de lo posible toda la tecnología de la que disponemos, que facilita y mejora el trabajo diario, y está en continua formación para conseguir que la calidad de los cuidados aplicados se acerque cada día más la excelencia.



Alicia Gómez Gómez
Presidenta de SEDEN



Laura Baena Ruiz
Secretaria general de SEDEN

Glosario

ALCER Asociaciones para la Lucha Contra las Enfermedades del Riñón

DP Diálisis peritoneal

DPA Diálisis peritoneal automatizada

EDTNA European Dialysis and Transplant Nurses Association

EPO Eritropoyetina

EPOC Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

ERC Enfermedad renal crónica

ERCA Enfermedad renal crónica avanzada

EtO Óxido de etileno

FG Filtrado glomerular

HD Hemodiálisis

HDD Hemodiálisis domiciliaria

HDF Hemodiafiltración

HDF-OL Hemodiafiltración en línea

HTA Hipertensión arterial

LD Líquido de diálisis

OI Ósmosis inversa

SEDEN Sociedad Española de Enfermería Nefrológica

SEDISA Sociedad Española de Directivos de la Salud

S.E.N. Sociedad Española de Nefrología

SNS Sistema Nacional de Salud

TRS Tratamiento renal sustitutivo

Tx Trasplante

VIH Virus de la inmunodeficiencia humana

Glosario técnico

Diálisis peritoneal automatizada (DPA) Tiene como objetivo la eliminación de las toxinas urémicas retenidas y generadas por la insuficiencia renal crónica y la restauración de la homeostasis del medio interno, corrigiendo la acidosis y las alteraciones hidroelectrolíticas, introduciendo en la cavidad peritoneal una solución de diálisis, caracterizada por el tampón y por el agente osmótico de forma automática mediante un monitor denominado cicladora

Dializador Tiene por objetivo la eliminación de las toxinas urémicas retenidas y generadas por la insuficiencia renal crónica y la restauración de la homeostasis del medio interno, corrigiendo la acidosis y las alteraciones hidroelectrolíticas

Contenido gráfico

Figura 1: Puntos clave introducidos en el informe	9
Figura 2: Datos clave de la enfermedad renal crónica.	11
Figura 3: Estadios de la enfermedad renal crónica.	12
Figura 4: Distribución del uso de tratamientos renales sustitutivos en España, 2015.	13
Figura 5: Distribución del uso de tratamientos renales sustitutivos en España por CCAA, 2014	14
Figura 6: Tipos de modalidades de tratamiento en hemodiálisis	15
Figura 7: Prevalencia de las enfermedades crónicas y defunciones según las causas de muerte más frecuentes por causa básica de enfermedad o lesión en España	18
Figura 8: Evolución de la incidencia y prevalencia de los tratamientos renales sustitutivos en España (pmh)	19
Figura 9: Distribución de la incidencia y prevalencia de población en TRS por comunidad autónoma en España, 2015 (pmh)	20
Figura 10: Circuito del paciente en la ERC	21
Figura 11: Beneficios transversales de las tecnologías	26
Figura 12: Estándares de calidad de contaminación biológica (UFC: Unidades Formadoras de Colonias, UE: Unidades de Endotoxinas)	29
Figura 13: Esquema del sistema de tratamiento de agua hospitalario dividido en las tres fases del proceso	30
Figura 14: Esquema del funcionamiento de los dispositivos para el tratamiento	31
Figura 15: Esquema de los sistemas de distribución de agua	32
Figura 16: Esquema del sistema de tratamiento de agua transportable	33
Figura 17: Beneficios clave del tratamiento del agua	34
Figura 18: Ejemplo del esquema de un monitor, configuración de los ultrafiltros y el control de la ultrafiltración	38
Figura 19: Esquema del circuito extracorpóreo sanguíneo	39
Figura 20: Beneficios clave de los monitores	46
Figura 21: Beneficios clave de los biosensores	52
Figura 22: Interior del dializador	53
Figura 23: Valores referencia de permeabilidad	55
Figura 24: Beneficios clave de los dializadores	57
Figura 25: Beneficios clave del software de gestión del paciente renal	60

Bibliografía

1. Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad. Documento Marco sobre Enfermedad Renal Crónica (ERC) dentro de la Estrategia de Abordaje a la Cronicidad en el SNS. Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad, Dirección General de Salud Pública, Calidad e Innovación; 2015.
2. Sociedad Española de Nefrología. Informe de diálisis y Trasplante 2015. Oviedo: Senefro, Registro Español de Enfermos Renales; 2016.
3. Julián-Mauro JC MTJSGJ. La situación laboral del paciente con enfermedad renal crónica en función del tratamiento sustitutivo renal. *Nefrología*. 2012; 32(4).
4. Maduell F, Moreso F, Pons M, Ramos R, Mora-Macià J, Carreras J. High-efficiency postdilution online hemodiafiltration reduces all-cause mortality in hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol*. 2013; 24(3): p. 487-497.
5. Escuela Andaluza de Salud Pública. Retos en el abordaje de la ERC. La mirada conjunta de pacientes, profesionales y gestores. In *Crónica de la jornada ERC*; 30 de Noviembre 2016 Noviembre; Granada. p. 2-8.
6. Villa G, Fernández-Ortiz L, Cuervo J, Rebollo P, Selgas R, González T, et al. Cost-effectiveness analysis of the Spanish Renal Replacement Therapy Program. *Peritoneal Dialysis International*. 2011; 32: p. 192-199.
7. Fagugli RM, Reboldi G, Quintaliani G, Pasini P, Cio G, Cicconi B, et al. Short daily hemodialysis: Blood pressure control and left ventricular mass reduction in hypertensive hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases*. 2001; 38(2): p. 371-376.
8. Borman N FMSMFHCGGLEa. SP597 Favourable biochemical outcomes of frequent hemodialysis at home using NxStage System One - The European Experience. *Nephrol Dial Transplant*. 2016; 31(1): p. i279-i197.
9. Deziel C, Bouchard J, Zellweger M, et al. Impact of hemocontrol on hypertension, nursing interventions, and quality of life: a randomized, controlled trial. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2007; 2(4): p. 661-668.
10. Villaverde M, Pérez-García R, Verde E, López-Gómez JM, Jofré R, Junco E et. al. La polisulfona de alta permeabilidad mejora la respuesta de la anemia a la eritropoyetina en hemodiálisis. *Nefrología*. 1999; 19(2): p. 161-167.
11. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Organización nacional de trasplantes. [Online]. [cited 2017 ene 31. Available from: <http://www.ont.es/Paginas/Home.aspx>.
12. Kidney.org. Kidney.org. [Online].; 2016 [cited 2016 Oct 18. Available from: <https://www.kidney.org/kidneydisease/aboutckd>.
13. Otero A, De ALM F, Gayoso P, García F, EPIRCE Study Group. Prevalence of chronic renal disease in Spain: Results of the EPIRCE Study. *Nefrología*. 2010; 30(1): p. 78-86.
14. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. [Online]; 2012.
15. Ley básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. Ley 41/2002, de 14 de noviembre. Boletín Oficial del Estado, nº274 (15-11-2002)..

16. Pastor JL, Julian JC. Claves del proceso de información y elección de modalidad de diálisis en pacientes con insuficiencia renal crónica. *Nefrología*. 2010; 1(1): p. 15-20.
17. Pérez-Alba A, Barril-Cuadrado G, Castellano-Cerviño I, Martín-Reyes G, Pérez-Melón C, Slon-Roblero F, et al. Hemodiálisis domiciliaria en España. *Nefrología*. 2015; 35: p. 1-5.
18. Pierratos A, Tremblay M, Kandasamy G, Woodward G, Blake P, Graham J, et al. Personal Support Worker (PSW)-supported home hemodialysis: A paradigm shift [Internet]. 2017 [citado 8 may 2017]; 21: 173-9.
19. Fernández M, Teruel JL. Técnicas de hemodiálisis. *Nefrología*.
20. EY. Modelos de reembolso para el tratamiento de diálisis. Un caso práctico. La Comunidad Valenciana. España; 2012.
21. Pérez-García R, García R, Gonzalez E, Solozábal C, Ramírez R, Martín-Rabadán P. Guía de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD) (segunda edición, 2015). *Nefrología*. 2016; 36(3): p. 1-52.
22. Sociedad Española de Nefrología. Guías de Práctica Clínica en Diálisis Peritoneal; 2010.
23. Macía Heras M, Coronel Díaz F. Diálisis peritoneal: definición, membrana, transporte peritoneal, catéteres, conexiones y soluciones de diálisis. *Nefrología*. 2016.
24. Sociedad Española de Nefrología, Grupo de Apoyo al Desarrollo de la Diálisis Peritoneal en España, Fundación Renal Alcer. La diálisis peritoneal en la planificación integral del tratamiento sustitutivo renal; 2010.
25. Coronel Díaz F, Macía Heras M. Indicaciones y contraindicaciones de la diálisis peritoneal. *Nefrología*. 2016.
26. De Sousa-Amorim E, Bajo-Rubio MA, Del Peso-Gilsanz G, Castro MJ, Celadilla O, Selgas-Gutiérrez R. Experiencia de 30 años en una unidad de diálisis peritoneal: supervivencia a largo plazo. *Nefrología*. 2013; 33(4): p. 546-551.
27. Quirós-Ganga P, Remón-Rodríguez C. Logrando mejores resultados para la diálisis peritoneal en los últimos años. *Nefrología* [Internet]. 2012 [citado 19 ene 2017]; 32 (5): 587 – 596. Disponible en: <http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefrolo-articulo-logrando-mejores-resultados-dialisis-peritoneal-los-ultimos-anos-X0211699512001974..>
28. Trasplantaments.gencat.cat. España. Organització Catalana de Trasplantament, OCCAT [Internet]; 2016 [citado 10 mar 2017].
29. Nefrosan.com. España. Registro de Enfermos Renales de la Comunidad Autónoma de Andalucía [Internet]. 2016 [citado 10 mar 2017].
30. Julián-Mauro JC CJRPCD. Situación laboral y costes indirectos en pacientes con insuficiencia renal: diferencias entre distintas modalidades de tratamiento renal sustitutivo. *Nefrología*. 2013; 33(3): p. 333-341.
31. Instituto Nacional de Estadística. Defunciones según la causa de muerte año 2014; 2014.
32. Quiroga B, Verdalles U, Reque J, García de Vinuesa S, Goicoechea M, Luño J. Eventos cardiovasculares y mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica (estadios I a IV). *Nefrología*. 2013; 33(4): p. 539-545.
33. Selgas R, Arrieta J, Seron D, Pérez J, Forés, G. La enfermedad renal avanzada, en el vértice de las patologías crónicas. Propuesta estratégica. *Sedisa Siglo XXI*: p. 1-11.

34. Gorostidi M, Santamaria R, Alcázar R, Fernández-Fresnedo G, Galcerán JM, Goicoechea M, et al. Documento de la Sociedad Española de Nefrología sobre las guías KDIGO para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica. *Nefrología*. 2014; 34(3): p. 302-316.
35. Daurgidas JT. Manual de diálisis; 2007.
36. Orte L, Barril G. Unidad de enfermedad renal crónica avanzada (ERCA). Concepto de una unidad multidisciplinaria. Objetivos de la consulta de ERCA. *Nefrología*. 2008; 3: p. 49-52.
37. Prieto-Velasco M, Quiros P, Remon C, Spanish Group for the Implementation of a Shared Decision Making Process for RRT Choice with Patient Decision Aid Tools (2015). The Concordance between Patients' Renal Replacement Therapy Choice and Definitive Modality: Is It a Utopia? *PLoS ONE*. 2015; 10(10): p. 1-15.
38. Sociedad Española de Nefrología. Guía de centros de hemodiálisis; 2006.
39. Fundación Tecnología y Salud. "El paciente experto. Tecnología y cronicidad en el paciente nefrológico". Conclusiones del III Encuentro de la Fundación Tecnología y Salud con los pacientes; 29 de septiembre de 2016.
40. Pérez-García R, Rodríguez-Benítez P. Tratamiento del agua para hemodiálisis. 2012; 7(0).
41. Agar J, Perkins A, Heaf JG. Home Hemodialysis: Infrastructure, Water, and Machines in the Home. *Hemodial Int [Internet]*. 2015 [citado 15 may 2017]; 19:S93-S111.
42. Alvarez-Ude F. Hemodiálisis: Evolución histórica y consideraciones generales. *Nefrología*. 1996; 16(4): p. 25-36.
43. Roca R. El acceso vascular para hemodiálisis: la asignatura pendiente. *Nefrología*. 2010; 30: p. 280-287.
44. Borman N, Ficheux M, Slon MF, Fessi H, Colussi G, Gesualdo L, et al. MP605 Patients require short training time for hemodialysis at home in the european experience using NXSTAGE SYSTEM ONE. *Nephrol Dial Transplant*. 2016; 31(1): p. i542.
45. National Kidney Foundation. Home hemodialysis: A guide for patients and their families [Internet]. United States; 2009 [citado 10 mar 2017].
46. Walker RC, Howard K, Morton RL. Home hemodialysis: a comprehensive review of patient-centered and economic considerations. *ClinicoEconomics and Outcomes Research [Internet]*. 2017; 9: 149 – 161.
47. Generalitat de Catalunya, Departament de Salut. Canal Salut. [Online].; 2015 [cited 2017 mar 10].
48. Lockridge R CTVEC. Prescriptions for home hemodialysis. *Hemodial Int*. 2015; 19: p. s112.
49. Rodríguez-Carmona A. Diálisis peritoneal automática. *Nefrología*. 2000; 2(2): p. 46-52.
50. Golper TA. Automated cyclers used in peritoneal dialysis: technical aspects for the clinician. *Dove Press*. 2015; 8: p. 95-102.
51. Arrieta J. Evaluación económica del tratamiento sustitutivo renal (hemodiálisis, diálisis peritoneal y trasplante) en España. *Nefrología*. 2010; 1(Supl Ext 1): p. 37 - 47.
52. Vega A. Hemodiálisis Diaria Domiciliaria. *Nefrología [Internet]*. 2017 [citado 15 may 2017].
53. Ayus JC, Achinger SG, Mizani MR, Chertow HM, Gurmaga W, Lee S, et al. Phosphorus balance and mineral metabolism with 3 h daily hemodialysis. *Kidney International*. 2006; 71: p. 336-342.
54. Galland R, Traeger J, Arkouche W, Cleaud C, Delawai E, Fouque D. Short daily hemodialysis rapidly improves nutritional status in hemodialysis patients. *Kidney International*. 2001; 60(1555-1560).

55. Karkar A HJSG. Benefits and implementation of home hemodialysis: a narrative review. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* 2015; 26(6): p. 1095-1107.
56. Finkelstein FO SBDRGTKMLJea. At-home short daily hemodialysis improves the long-term health-related quality of life. *Kidney Int.* 2012; 82: p. 561-569.
57. Vega A SMASYCSAMNea. Daily home hemodialysis is an available option for renal replacement therapy in Spain. *Ther Apher Dial.* 2016; 20(4): p. 408-412.
58. Weinhandl ED, Liu J, Gilbertson DT, Arneson TJ, Collins AJ. Survival in daily home hemodialysis and matched thrice-weekly in-center hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol.* 2012; 23(5): p. 895-904.
59. ERA – EDTA Registry, Academic Medical Center, Department of Medical Informatics. ERA-EDTA Registry Annual Report 2014 [Internet]. Amsterdam; 2016 [citado 25 abr 2017].
60. Crece el porcentaje de pacientes con diálisis peritoneal domiciliaria. *EuropaSur.* 16 Marzo 2017; Sec. Salud.
61. Maduell F, Puchades MJ, Navarro V, Torregrosa E, Rius A, Sánchez JJ. Valoración de la medición de la dosis de diálisis con dialisancia iónica en hemodiafiltración on-line. *Nefrología.* 2005; 25(5): p. 521-526.
62. Solozábal C. Monitores de hemodiálisis. *Biosensores.* *Nefrología.* 2012; 7(0).
63. Wizemann V, Wabel P, Chamney P, Zaluska W, Moissl U, Rode C, et al. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* [Internet]. 2009 [citado 8 may 2017]; 24: 1574 – 1579.
64. Avram MM, Fein PA, Borawski C, Chattopadhyay J, Matza B. Extracellular mass/body cell mass ratio is an independent predictor of survival in peritoneal dialysis patients. *International Society of Nephrology* [Internet]. 2010 [citado 8 may 2017]; 78 (117). S37 - S40.
65. López-Gómez JM. Evolución y aplicaciones de la bioimpedancia en el manejo de la enfermedad renal crónica. *Nefrología* [Internet]. 2011 [citado 8 may 2017]; 31(6):630 – 634.
66. Martín M, Francisco A. Dializadores y membranas de diálisis. *Nefrología.* 2012; 7(1): p. 0.
67. El Golli-Bennour E, Kouidhi B, Dey M, Younes R, Bouaziz C, Zaied C, et al. Cytotoxic effects exerted by polyarylsulfone dialyser membranes depend on different sterilization processes. *Int Urol Nephrol.* 2011; 43(2): p. 483-490.
68. Pérez-García R. ¿Cómo debe ser la hemodiafiltración en línea después del estudio ESHOL? *Nefrología.* 2014; 34(2): p. 139-144.
69. Calò LA, Naso A, Carraro G, Wratten ML, Pagnin E, Bertipaglia L, et al. Effect of haemodiafiltration with online regeneration of ultrafiltrate on oxidative stress in dialysis patients. 2007; 22: p. 1413-1419.
70. Abad S, Vega A, Quiroga B, Arroyo D, Panizo N, Reque JE, et al. Toxinas unidas a proteínas: valor añadido en su eliminación con altos volúmenes convectivos. *Nefrología.* 2016; 36(6): p. 637-642.
71. Kirsch AH, Lyko R, Nilsson LG, Beck W, Amdahl M, Lechner P, et al. Performance of hemodialysis with novel medium cut-off dialyzers. *Nephrol Dial Transplant.* 2016; 32: p. 165-172.
72. Cheung AK, Levin NW, Greene T, Agodoa L, Bailey J, Beck G, et al. Effects of high-flux hemodialysis on clinical outcomes: Results of the HEMO Study. *J Am Soc Nephrol.* 2003; 14(12): p. 3251-3263.
73. Locatelli F, Martin-Malo A, Hannedouche T, Loureiro A, Papadimitriou M, Wizemann V, et al. Effect of membrane permeability on survival of hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol.* 2009; 20(3): p. 645-654.

74. Wanner C, Bahner U, Mattern R, Lang D, Passlick-Deetjen J. Effect of dialysis flux and membrane material on dyslipidaemia and inflammation in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2004; 19(10): p. 2570 - 2575.
75. Komenda P, Gavaghan M, Garfield S, Poret AW, Sood MM. An economic assessment model for in-center, conventional home, and more frequent home hemodialysis. *Kidney International*. 2011; 81: p. 307-313.
76. Maduell F, Arias M. Dosis de diálisis. *Nefrología*.
77. Lysaght MJ, Vonesh EF, Gotch F, Ibels L, et al. The influence of dialysis treatment modality on the decline of remaining renal function. *ASAIO*. 1991; 37(7): p. 598-604.
78. Organización Nacional de Trasplantes RAdERYlSEdN. Registro Español de Enfermos Renales. [Online]. [cited 2017 ene 23. Available from: <http://www.registrorenal.es/>.
79. Selby NM, McIntyre CW. A systematic review of the clinical effects of reducing dialysate fluid temperature. *Nephrol Dial Transplant*. 2006; 21(7): p. 1883-1898.
80. Arrieta J, Rodríguez-Carmona A, Remón C, Pérez-Fontán M, Ortega F, Sánchez-Tomero JA, et al. Cost comparison between haemodialysis and peritoneal dialysis outsourcing agreements. *Nefrología*. 2012; 32(2): p. 247-248.
81. Oates T, Cross J, Davenport A. Cost comparison of online haemodiafiltration with high-flux haemodialysis. *J Nephrol*. 2012; 25(2): p. 192-197.
82. Gámez C, Teruel JL, Ortuño J. Evolución de la función renal residual en enfermos tratados con hemodiálisis. *Nefrología*. 1992; 12: p. 125-129.
83. Remón-Rodríguez C, Quirós Ganga PL. La evidencia actual demuestra una equivalencia de resultados entre las técnicas de diálisis. *Nefrología*. 2011; 31(5).
84. Maduell F, Ojeda R, Arias-Guillén M, Fontseré N, Vera M, Massó E. Optimización del flujo del líquido de diálisis en la hemodiafiltración on-line. *Nefrología*. 2015; 35(5): p. 473-478.
85. Lorenzo V. Principios físicos: definiciones y conceptos. *Nefrología*. 2012; 6(1): p. 355-367.
86. Molina J, Kravitz P, Weinhandl E. Lower risk of home hemodialysis attrition in patients using Nx2me Connected Health Technology. *JMIR Publications [Internet]*; 2016 [citado 10 mar 2017]; 2(1): e15. Disponible en: <https://www.iproc.org/2016/1/e15/>.



En colaboración con:

