

Facultad de Ciencias de la Salud

Osasun-Zientzien Fakultatea

*Grado en Enfermería*

*Erizaintzako Gradua*

# Uso de la ecografía en fístulas arteriovenosas

---



Trabajo Fin de Grado de Enfermería

Curso 2018/2019 – Convocatoria Junio

**Autora:** Maite Fernández Macaya

**Tutora:** Elena Irigaray Osés



## Resumen:

El acceso vascular en el paciente en tratamiento con Hemodiálisis es vital para garantizar un buen tratamiento y mejorar su calidad de vida. La fístula arteriovenosa natural es el acceso vascular de primera elección en estos pacientes. El trabajo de enfermería en hemodiálisis garantiza una buena técnica de punción, una vigilancia y monitorización, disminuyendo el riesgo de aparición de complicaciones, ayudando a mantener el acceso vascular funcional. El propósito de este trabajo es evidenciar las ventajas de utilización del ecógrafo por parte de la enfermera de Hemodiálisis para una punción eco guiada y una valoración morfológica y hemodinámica de la fístula arteriovenosa. Tras una revisión bibliográfica en bases de datos nacionales e internacionales, consulta de guías de ámbito clínico, revistas y páginas web específicas de nefrología y bases de datos estadísticos, se concluye que enfermería es la piedra angular para la prevención y detección temprana de complicaciones mediante exhaustivo examen físico, pudiéndose complementar con la ecografía para detectar zonas disfuncionales o con complicaciones. Además, la ecografía puede ayudar a la punción eco guiada, facilitando la labor. Este trabajo ofrece una guía básica sobre la utilización del ecógrafo para tal fin.

**Palabras clave:** *acceso vascular para hemodiálisis, fístula arterio venosa, ecografía, Doppler, enfermería.*

**Palabras:** 21.232 (Bibliografía incluida)

## Abstract

Vascular access in the patient undergoing hemodialysis is vital to ensure good treatment and improve their quality of life. Native arteriovenous fistula is the primary vascular access in these patients. By implementing surveillance strategies and guaranteeing a good puncture technique, the risk of complications occurring reduce, helping to maintain functional vascular access. The purpose of this project is a bibliographic review on the utility of the ultrasound by the hemodialysis nurse for a guided echo puncture and a morphological and hemodynamic evaluation of arteriovenous fistula. After a bibliographic review of national and international databases, consulting clinical guides, journals and specific websites of Nephrology and statistical databases, it concluded that the ultrasound is a useful tool for nurses in order to detect dysfunctional areas or complications in arteriovenous fistulas. In addition, ultrasound can help the ECO guided puncture. This paper provides a basic guide on the use of the ultrasound for this purpose.

**Key words:** *hemodialysis, arteriovenous fistula, vascular access, complications, ultrasound, Doppler, surveillance.*

**Words:** 21.232 (Bibliography included)

## Résumé

L'accès vasculaire du patient en traitement d'hémodialyse est essentiel pour assurer un bon traitement et améliorer sa qualité de vie. La fistule artério-veineuse indigène est l'accès vasculaire de premier choix chez ces patients. Infirmier, assurant une surveillance et une bonne technique de ponction, réduit le risque d'apparition de complications, aidant à maintenir l'accès vasculaire fonctionnel. Le but de ce travail est de mettre en évidence les avantages de l'utilisation de l'échographe par l'infirmière en hémodialyse pour une ponction eco-guidée et une évaluation morphologique et hémodynamique de la fistule artério-veineuse. Après une revue de la littérature de bases nationales et internationales, des lignes directrices cliniques consultées, des revues spécialisées et des pages Web spécifiques sur la néphrologie et des bases de données statistiques, il est conclu que l'échographie, en plus de permettre la réalisation d'une ponction à l'écho guidée, permet évaluation complète de la fistule artérioveineuse, en tant qu'outil très utile pour les soins infirmiers. Ce travail fournit un guide de base sur l'utilisation de l'échographe à cette fin.

**Mots clés:** *hémodialyse, fistule artério-veineuse, l'accès vasculaire, complications, ultrason, Doppler, infirmier.*

**Mots:** 21.232 (Bibliographie incluse)

## Abreviaturas y acrónimos:

AV:	Acceso vascular
CVC:	Catéter venoso central
DM:	Diabetes mellitus
DP:	Diálisis peritoneal
DOQI:	Dialysis Outcomes Quality Initiative
DOPPS:	Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study
Eco-Doppler:	Ecografía Doppler color
ERC:	Enfermedad renal crónica
ERCA:	Enfermedad renal crónica avanzada
FAV:	Fístula arterio-venosa
FAVI / FAVn:	Fístula arterio-venosa interna, autóloga o natural
FAVp:	Fístula arteriovenosa protésica
FG:	Filtración glomerular
HC:	Húmero cefálica
HD:	Hemodiálisis
HTA:	Hipertensión arterial
NT:	Nefropatía terminal
RC:	Radio cefálica
SEDEN:	Sociedad Española de Enfermería Nefrológica
TFG:	Tasa de filtración glomerular
TSR:	Terapia de sustitución renal

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1. Definición y situación de la Enfermedad Renal Crónica .....	11
2. Hemodiálisis como modalidad de tratamiento .....	13
3. La fístula arteriovenosa como acceso vascular.....	14
4. Utilización de la ecografía en el acceso vascular .....	16
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
1. Objetivo general.....	18
2. Objetivos específicos .....	18
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
1. Búsqueda bibliográfica .....	19
2. Cronograma.....	21
<b>IV. GUÍA .....</b>	<b>23</b>
PRIMERA PARTE .....	23
1. EL SISTEMA RENAL.....	23
1.1. Anatomofisiología renal.....	23
1.2. Funciones.....	24
1.3. La nefrona.....	25
1.4. Filtración glomerular (FG).....	26
1.5. Necesidad de Eliminación .....	26
2. LA INSUFICIENCIA RENAL.....	27
2.1. Insuficiencia renal aguda .....	27
2.2. Enfermedad renal crónica (ERC).....	28
3. TRATAMIENTO ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA TERMINAL (ERCT).....	31
3.1. Trasplante renal.....	31
3.2. Diálisis.....	31
4. ACCESO VASCULAR PARA HEMODIÁLISIS .....	35

4.1.	Fístula arterio venosa .....	37
4.2.	Catéter venoso central .....	53
SEGUNDA PARTE: .....		54
1.	¿QUÉ ES LA ECOGRAFÍA? .....	54
2.	LA ONDA SONORA .....	55
2.1.	Frecuencia: .....	55
2.2.	Amplitud: .....	56
3.	INTERFASE E IMPEDANCIA.....	56
4.	INSTRUMENTACIÓN .....	58
4.1.	Transductor o sonda.....	58
4.2.	Tipos de exámenes .....	59
4.3.	Ángulo de insonación y orientación de la sonda.....	60
5.	MODOS.....	60
5.1.	Modo B o bidimensional (2D). .....	60
5.2.	Modo Eco – Doppler .....	61
6.	AJUSTES BÁSICOS DEL ECÓGRAFO.....	64
6.1.	Frecuencia, resolución y penetración .....	64
6.2.	Potencia acústica .....	65
6.3.	Profundidad .....	65
6.4.	Ganancia (GAIN) .....	66
6.5.	Rango dinámico .....	66
6.6.	PRF (Frecuencia de repetición de pulsos) .....	67
6.7.	Modificación de la línea base.....	68
7.	UTILIZACIÓN DEL ECÓGRAFO .....	68
7.1.	Punción eco guiada.....	70
7.2.	Valoración del flujo con Doppler Color .....	73
7.3.	Valoración de la maduración .....	73
7.3.1.	Cálculo del flujo .....	74
7.3.2.	Medición de diámetros.....	77
7.4.	Valoración de complicaciones .....	78
7.5.	Consejos y recomendaciones para el estudio ecográfico .....	81
8.	ECOGRAFÍA EN EL ACCESO VASCULAR .....	82



8.1. Ventajas: .....	82
8.2. Desventajas:.....	83
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>84</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>VII. PROPUESTA TEÓRICA DEL TRABAJO:.....</b>	<b>90</b>
1. Introducción .....	90
2. Objetivo .....	91
3. Resultado de la propuesta.....	91
<b>VIII. AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>99</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>100</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>111</b>



## I. INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de mis prácticas del Practicum V-a, en el Servicio de Hemodiálisis del Hospital de Navarra, he podido observar la gran repercusión que tiene la enfermedad renal crónica en los pacientes, siendo, cada vez más, los pacientes que se encuentran en fases avanzadas de la enfermedad precisando de tratamiento sustitutivo renal. Despertó mi interés el importante papel que tiene la enfermera en el mantenimiento y valoración del acceso vascular para la terapia de sustitución renal, en este caso la hemodiálisis.

### 1. Definición y situación de la Enfermedad Renal Crónica

En el 2002, la National Kidney Foundation publica la *Guía Clínica para la Evaluación, Clasificación y Estratificación de la Enfermedad Renal Crónica* <sup>(1)</sup>, lo que supone un gran paso en el reconocimiento de la enfermedad renal, estableciendo una clasificación y manejo estandarizado. Esta guía consigue visualizar la importante repercusión, tanto en los pacientes, como en el sistema sanitario, de la enfermedad renal. En año 2012 el mismo organismo actualiza la guía, brindando una visión más centrada en el paciente, ampliándose a la práctica pediátrica y visualizando la enfermedad Renal como un verdadero problema de salud pública en el mundo.

La Enfermedad Renal Crónica (ERC) es un conjunto heterogéneo de enfermedades que causan un daño estructural renal, sea cual fuere la causa que lo condicione, que perdura más de 3 meses *con implicaciones para la salud*. Este último concepto en la definición de ERC ha sido la actualización en esta nueva guía (2012).

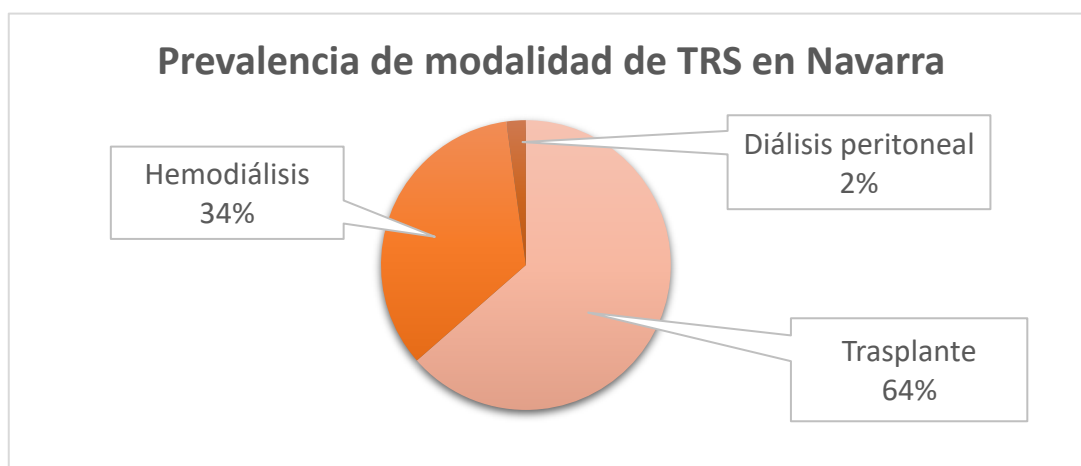
La sintomatología de la enfermedad renal crónica es inespecífica en las fases iniciales, lo cual explica el infradiagnóstico en la mayoría de los pacientes que se encuentran en estas fases <sup>(1)</sup>. En la fase terminal, la clínica y las severas complicaciones asociadas hacen inevitable un manejo de la enfermedad para garantizar la supervivencia del paciente. Hoy en día, como posible **tratamiento** a esta fase terminal existen técnicas de sustitución renal: la diálisis (diálisis peritoneal y hemodiálisis) y el trasplante renal, único tratamiento definitivo.

Las técnicas de diálisis, tanto la peritoneal como la hemodiálisis generan un alto coste en el sistema sanitario<sup>1</sup> y causan una gran morbimortalidad en el enfermo renal (1,2,3,4).

La Enfermedad Renal crónica es un problema emergente en todo el mundo que supone un coste social y económico (casi un 10 % de la población afectada y un 3% del gasto sanitario total) muy elevado. (2,4)

Según el *Informe de Diálisis y Trasplante de 2017* (5), en España se diagnosticaron 141 casos por millón de población (p.m.p) de los cuales un 59% correspondieron a personas mayores de 65 años. En relación al tratamiento de estos pacientes, en estos nuevos casos, la hemodiálisis fue la opción de tratamiento en el 78%.

En referencia a Navarra (3), la incidencia de ERCA en el año 2017 supuso 98 casos nuevos, resultando una prevalencia total de 858 enfermos renales en fase avanzada.



*Ilustración 1: Prevalencia de modalidad de tratamiento renal sustitutivo en Navarra en el año 2017. Fuente: La Enfermedad Renal Crónica en España 2018 (3)*

<sup>1</sup> “El coste medio por paciente en tratamiento sustitutivo renal (TSR), estadio 5D, es 6 veces mayor que el tratamiento de pacientes con infección por el VIH y 24 veces mayor que el tratamiento de pacientes con EPOC y asma. El coste medio anual por paciente tratado con hemodiálisis es de 46.659,83 euros (43.234 ±13.932 euros) y de 32.432,07 euros en diálisis peritoneal.” (4)

España, en comparación mundial, según los datos del estudio *The Global Kidney Health Atlas 2017*, la prevalencia de enfermedad renal crónica avanzada se sitúa ligeramente por encima de la media europea.

En cuanto al tratamiento, en los últimos años el trasplante renal se ha consolidado con la modalidad más prevalente (52,4%), seguido de la hemodiálisis (42,2%) y la diálisis peritoneal (5,45%), la cual ha experimentado un aumento en estos últimos 5 años. A pesar de que España en 2017 resultó el primer país del mundo en trasplantes renales (65 p.m.p), un alto porcentaje de los pacientes está en tratamiento con hemodiálisis. <sup>(5)</sup>

## 2. Hemodiálisis como modalidad de tratamiento

La **hemodiálisis** (HD) es una terapia de sustitución renal que suple la función de depuración y ultrafiltración de forma extracorpórea, es decir, la sangre del paciente se extrae por medio de un acceso vascular (AV), se limpia y se filtra a través de un dializador y se devuelve al paciente. La eficacia de la sesión, es decir, la capacidad de filtración de la sangre en la máquina es proporcional al tiempo de terapia y el flujo de sangre que se consigue extraer del paciente. Una diálisis efectiva deriva en una buena filtración y depuración sanguínea, lo cual disminuye las complicaciones y la morbimortalidad del paciente renal <sup>(1)</sup>. Por ello, el acceso vascular supone una parte fundamental del tratamiento sustitutivo renal por condicionar la calidad de la diálisis.

Sin embargo, la disposición de un acceso vascular seguro y funcional supone un reto. Las complicaciones ocasionadas por el acceso vascular, trombosis y estenosis, constituyen la primera causa de ingreso hospitalario en estos pacientes, aumentando así los costes del sistema sanitario. Actualmente, las opciones de **acceso vascular** en un paciente en hemodiálisis son: la fístula arteriovenosa natural o autóloga, la fístula arteriovenosa protésica y el catéter venoso central. Hoy en día, por su menor tasa de complicaciones y por ser la más costo – efectiva, la fístula arteriovenosa autóloga/natural es la recomendada por las guías internacionales como primera opción de acceso vascular <sup>(1,6)</sup>.

### 3. La fístula arteriovenosa como acceso vascular

Una **fístula arteriovenosa** es la unión de una arteria y una vena con el propósito de aumentar el flujo sanguíneo en la vena y aumentar su resistencia, a lo que se denomina “arterializar” una vena. Esto se puede conseguir de forma autóloga, con injerto o con interposición de un material protésico <sup>(7)</sup>.

Las **complicaciones** que pueden llegar a surgir tanto en la fístula arteriovenosa (FAV) natural o autóloga, como en un catéter venoso central, provocan una disfunción en el acceso vascular, afectando a la eficacia de la diálisis. Sea cual sea el tipo de acceso que porte el paciente, se debe conseguir mantenerlo funcional y en las condiciones adecuadas para garantizar una hemodiálisis óptima. Esto se consigue inculcando unos cuidados en el paciente, mediante la vigilancia y monitorización en cada sesión de diálisis y garantizando un manejo de calidad. <sup>(1,6)</sup>

En relación a la **prevención** de complicaciones de las fístulas arteriovenosas, nace la importancia de la detección temprana de pacientes con enfermedad renal, según los criterios de diagnóstico y derivación descritos en el *Documento Marco sobre Enfermedad Renal Crónica* (ERC) dentro de la Estrategia de Abordaje a la Cronicidad en el SNS <sup>(2)</sup>. Con la derivación precoz al servicio de nefrología conseguimos un margen de actuación mayor con el paciente renal, pudiendo educar al paciente desde el inicio y poder determinar junto con él, el mejor tratamiento de sustitución renal.

En el caso de elegir la hemodiálisis como tratamiento renal sustitutivo, el cirujano vascular deberá realizar el tipo de fístula arteriovenosa más conveniente para el paciente. Es importante que la creación de una fístula arteriovenosa se realice con antelación para garantizar una correcta maduración previa a su utilización, la cual suele suponer un periodo de entre cuatro a seis semanas. Las guías de acceso vascular <sup>(1,6)</sup>, reafirman esta importancia de detección temprana al paciente renal en la fase pre-diálisis para poder comenzar con antelación el estudio prequirúrgico para la instalación de una fístula arteriovenosa. Lamentablemente, en la práctica clínica, sigue siendo común el comienzo del tratamiento de Hemodiálisis sin una FAV madura como acceso vascular, precisando de un catéter venoso central, lo cual deriva en una mayor morbilidad y mortalidad en el paciente. <sup>(6,8,9)</sup>

La disfunción de una fístula arteriovenosa conlleva a la hospitalización del paciente y a la instauración de un catéter venoso central, lo cual aumenta la morbilidad del paciente además de aumentar el coste sanitario <sup>(4,8)</sup>. Desafortunadamente, el aumento en la esperanza de vida y el consiguiente aumento de pacientes con comorbilidades asociadas, como la diabetes mellitus, enfermedad cardiaca y enfermedad arterial periférica, hacen más difícil la mantención de un AV permanente exento de complicaciones <sup>(1,6)</sup>. De hecho, la NAVAC (Consortio Norteamericano de Acceso Vascular)<sup>(7)</sup> estima la tasa de fallo primario precoz de la FAV en un 23 -37 %. Por ello, se está enfatizando especialmente en la detección temprana de complicaciones en las fístulas arteriovenosa, permitiendo aplicar un tratamiento precoz que garantice una mayor supervivencia y calidad en la FAV.

Uno de los signos que se manifiestan en la mayoría de complicaciones es la dificultad en la punción <sup>(1,6)</sup>. Esto hace que Enfermería sea la figura idónea para poder detectar a tiempo signos y síntomas que puedan relacionarse con la aparición de complicaciones debido a su gran función en el manejo, canulación y cuidado del acceso vascular.

La **enfermera** de la sala de hemodiálisis es la encargada de realizar una vigilancia y monitorización continua del acceso vascular. Además, debe garantizar una buena funcionalidad, asegurando una buena punción, detectando complicaciones de forma precoz y tratando de reducirlas, así como educando al paciente a mantener buenos hábitos que preserven el acceso vascular. Dentro de sus múltiples funciones, la punción y canalización de la FAV es un factor clave en la aparición de complicaciones. Una buena técnica de punción no solo afecta a la calidad de la diálisis, sino que afecta a la esfera psicológica del paciente, generando una mayor satisfacción y mejor calidad en la relación enfermera – paciente. <sup>(43)</sup>

En cuanto a la vigilancia y monitorización de la fístula arteriovenosa, ésta no solo se debe limitar al examen físico o a la mera observación de alteraciones en los parámetros dialíticos. Las guías de accesos vasculares recomiendan utilizar métodos de primera y segunda generación (punto 4.6 de la Guía Española de Acceso Vascular para Hemodiálisis), incluyendo en este último la ecografía y técnicas de medición de flujo, para una detección más sensible de complicaciones.

Además, estas guías de acceso vascular y diversos estudios, defienden la creación de protocolos para la monitorización y vigilancia del acceso vascular, pudiendo registrar en cada sesión la aparición de signos, síntomas o valores que puedan indicar una disfunción y así conseguir un control rutinario.

#### 4. Utilización de la ecografía en el acceso vascular

La **ecografía** es una técnica de fácil acceso, de carácter no invasivo y que proporciona una gran información sobre el estado de los tejidos blandos. Mediante esta técnica diagnóstica, el personal sanitario puede determinar in situ el estado de la FAV, su morfología y su estado hemodinámico. Por ello, es una técnica útil para las enfermeras especializadas en cuidados nefrológicos tanto para la valoración de FAV ante signos de alarma que puedan indicar cualquier complicación, como para la realización de una punción de cualquier fístula arteriovenosa, pudiendo corregir la dirección y posición de la aguja para garantizar mejores flujos <sup>(1,6,10)</sup>.

En las prácticas en la Unidad de Hemodiálisis he detectado un área de mejora en esta valoración de las fístulas arteriovenosas mediante la monitorización con el ecógrafo de la Unidad. Como he mencionado anteriormente, uno de los principales signos de disfunción de una fístula arteriovenosa es la difícil canulación, problema ante el cual se imponen multitud de enfermeras en las salas de hemodiálisis. En estos casos, la utilización de la ecografía para realizar la punción eco guiada puede mejorar la canulación exitosa, disminución de complicaciones asociadas a la punción y garantizar una mayor supervivencia de la fístula arteriovenosa. Aprovechando la utilización del ecógrafo para tal función, la enfermera podría complementar la valoración de la fístula con la valoración morfológica y hemodinámica, consiguiendo la posibilidad de detectar zonas con complicaciones que pueden potenciar una disfunción completa del acceso vascular, evitar zonas de escasa maduración, presencia de estenosis, hematomas, venas colaterales, etc.

Así pues, se convierte de gran utilidad la disposición de un ecógrafo portátil en toda sala de hemodiálisis para poder ayudar a la difícil canalización y ayudar en la detección temprana de complicaciones.



La Unidad cuenta con un ecógrafo que se utiliza por nefrólogos y un pequeño número de enfermeras que se han formado por iniciativa personal. La falta de formación del personal de enfermería llama la atención, teniendo en cuenta su gran papel en la valoración del acceso vascular en pacientes en terapia de hemodiálisis.

La elección de este tema como Trabajo de Fin de Grado (TFG), nace precisamente del interés en mejorar en la calidad de vida del enfermo renal terminal, ayudar a garantizar un sistema sanitario sostenible y, sobre todo, con la culminación del grado, mejorar la práctica clínica de la profesión de enfermería.

## II. OBJETIVOS

### 1. Objetivo general

Elaborar una guía para los profesionales de enfermería que aporte información teórica-práctica actualizada y basada en la evidencia científica, que garantice un manejo eficaz de la ecografía para la valoración y punción eco-guiada de fístulas arteriovenosas, adaptada y adecuada a la Unidad de Hemodiálisis del Complejo Hospitalario de Navarra.

### 2. Objetivos específicos

- Adquirir conocimientos acerca de los tipos de fístulas arteriovenosas, su valoración y sus complicaciones potenciales.
- Realizar una búsqueda bibliográfica con el fin de recoger información sobre la técnica de imagen de ultrasonografías
- Facilitar a los profesionales de enfermería una guía que muestre de una manera clara y sencilla los pasos a seguir para valorar FAV con la que aumente el conocimiento acerca de esta prueba de imagen.

### III. METODOLOGÍA.

#### 1. Búsqueda bibliográfica

Para poder cumplir los objetivos de este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica de las complicaciones de la fístula arteriovenosa, haciendo hincapié en métodos de prevención y detección precoz por parte de enfermería.

El periodo de búsqueda ha sido constante durante el periodo de realización del marco teórico del proyecto. En primer lugar, se ha realizado una búsqueda y revisión bibliográfica sobre la anatomía y fisiología renal, con el fin de comprender la enfermedad renal crónica y las modalidades de tratamiento disponibles, especialmente enfocándose en la hemodiálisis.

Seguidamente, para poder completar el primer objetivo específico la búsqueda se centra en la valoración de una fístula arteriovenosa como principal acceso en la técnica de hemodiálisis, con el fin de recopilar información sobre su definición, tipos, anatomía y cuidados necesarios, así como la frecuencia e incidencia de sus complicaciones y su manejo.

Posteriormente, se ha realizado una búsqueda exhaustiva y centrada en la prueba de imagen de la ecografía enfocada a la valoración de complicaciones en las fístulas arteriovenosas. Para ello, también se han tomado ecografías en las fístulas de diversos pacientes del Servicio de Hemodiálisis del Complejo Hospitalario de Navarra previo consentimiento verbal y escrito (Anexo 1).

Se ha utilizado también información, estudios y bibliografía recomendada en las páginas webs específicas de la materia de estudio, tales como: bases de datos multidisciplinares y específicas del ámbito de Ciencias de la Salud, tales como: *Scielo*, *PubMed*, *MedLine*, *Dialnet*, *Web of Science*, y *Cuiden*. También se han revisado revistas de impacto relacionadas con el tema de estudio como *Nefrología al día* y *Enfermería Nefrológica*, además de revisar portales de revistas como *Mediagraphic* o las *Revistas de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica y Organización Nacional de Trasplantes (ONT)*.

Por otro lado, se han utilizado como referencia las guías clínicas de buenas prácticas y de acceso vascular en hemodiálisis, tanto de ámbito tanto nacional (*Guía Clínica Española del Acceso Vascular Para Hemodiálisis*) como internacional (*National Kidney Foundation / Kidney Disease Outcomes Quality Initiativen* (NKF KDIGO)).

La Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud y la recopilación de portales de libros electrónicos en la Universidad Pública de Navarra también han servido como recursos para la obtención de la bibliografía requerida.

En dicha revisión bibliográfica se aplicaron ciertos criterios de inclusión y exclusión, además de utilizar marcadores booleanos como “AND”, “Y”, “OR”, “O”.

Únicamente se ha basado la búsqueda en estudios y revisiones realizadas o publicadas en un rango de 10 años hasta la fecha actual, con el fin de poder basar este trabajo en la más actualizada y reciente evidencia científica. Además, se han admitido literatura tanto en inglés como en español, admitiendo también artículos en francés. No obstante, se han excluido aquellos que no estuvieran disponibles en texto completo o no fueran de la materia del campo de Ciencias de la Salud o de la materia de nefrología.

Para dicha búsqueda, se han utilizado principalmente las siguientes palabras clave:

- Español: *insuficiencia renal, diálisis peritoneal, hemodiálisis, fístula arteriovenosa, ecografía, Doppler, enfermería, ultrasonido, vigilancia, estenosis, trombosis, flujo, monitorización.*
- Inglés: *acute renal failure, chronic renal failure, hemodialysis, arteriovenous fistula, vascular access, complications, surveillance, echocardiographic, ultrasound, sonography, surveillance, nurse.*

Para la gestión de las referencias bibliográficas se ha utilizado la aplicación informática *Mendeley*, permitiendo una correcta organización y exportación en citación APA. Todas estas citaciones bibliográficas están añadidas en el punto IX. *Bibliografía.*

## 2. Cronograma

	<b>Objetivo</b>	<b>Materiales y recursos</b>	<b>Calendario</b>
<b>PLANIFICACIÓN</b>	Elección del tema de estudio para el Trabajo Fin de Grado	Búsqueda de información acerca de las funciones de enfermería la Unidad de Hemodiálisis (Prácticum Va)  Revisión de Trabajos Fin de Grado de años anteriores	Enero
	Búsqueda avanzada de información acerca de la Enfermedad Crónica Severa y su tratamiento	Búsqueda en bases de datos de carácter científico, libros de la Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra de anatomía y fisiología, revistas científicas, páginas webs específicas, etc.	Enero
	Búsqueda de información sobre el acceso vascular, especialmente de la fístula arteriovenosa (definición, tipos, técnica quirúrgica, complicaciones, cuidados)	Búsqueda en bases de datos (Scielo, PubMed, MedLine, Dialnet, Web of Science, y Cuiden), revistas de nefrología, páginas webs específicas, revisión de guías relacionadas con el manejo y cuidado del acceso vascular, etc.	Enero - Febrero
	Búsqueda de información sobre la técnica de ecografía y su aplicación en la valoración de fístulas arteriovenosas para mejorar la punción.	Revisión de libros y monografías sobre la ecografía.  Búsqueda de artículos y estudios sobre la utilización de la ecografía por el personal de Enfermería.  Contacto con Enfermeras de la Unidad de Hemodiálisis	Febrero - Marzo

ELABORACIÓN	Elaboración del marco teórico del proyecto	Revisión de la bibliografía encontrada	Febrero - Marzo
	Creación de la guía de utilización del ecógrafo por parte de Enfermería	Comparación con otras guías y protocolos. Creación del Consentimiento Informado para la toma de imágenes ecográficas en la Unidad de Hemodiálisis del Complejo Hospitalario de Navarra.	Febrero - Abril
	Elaboración de la discusión y las conclusiones del trabajo	Revisión de lo realizado.	Abril
	Elaboración del Póster		Abril
ENTREGA	Entrega del Trabajo Fin de Grado	Formato PDF	Mayo
	Defensa del TFG		Mayo

## IV. GUÍA

Esta guía está distribuida en dos partes. En una primera se explica de forma teórica la fisiopatología de la enfermedad renal, el tratamiento para la enfermedad renal crónica en fase terminal, enfocando en la hemodiálisis. Por último, se estudian los distintos accesos vasculares disponibles, recalcando en la fístula arteriovenosa.

En la segunda parte se detallan conceptos teórico prácticos de la ecografía, así como consejos, procedimientos e imágenes de referencia para ayudar a la realización de una valoración y una punción eco dirigida por el personal de enfermería.

### PRIMERA PARTE

#### 1. EL SISTEMA RENAL

##### 1.1. Anatomofisiología renal

El sistema urinario es el conjunto de órganos cuya función común es la formación y evacuación de orina, manteniendo la homeostasis del medio interno y un balance hidroelectrolítico adecuado <sup>(11)</sup>.

El sistema urinario está formado por dos riñones (órganos productores de orina), dos uréteres (conectados en un extremo al riñón por la pelvis renal, y por el otro extremo conectados a la vejiga), vejiga (órgano donde se acumula la orina) y la uretra (conducto que conduce la orina por el meato urinario con el fin de expulsarla al exterior) <sup>(12)</sup>.

El riñón es un órgano par retroperitoneal con forma de alubia que se encuentra en la zona lumbo-abdominal a ambos lados de la columna vertebral, aproximadamente en la 12ª vértebra lumbar. Está protegido por una cápsula fibrosa que mantiene su forma y lo protege de lesiones externas. La cara medial del riñón contiene una depresión llamada *hilio renal*, por la cual pasan la arteria y vena renales, los vasos linfáticos, los nervios renales y el uréter <sup>(11,12)</sup>. En la parte superior de cada riñón se encuentra la glándula suprarrenal, encargada de producir hormonas como las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina), cortisol y aldosterona <sup>(12)</sup>.

Si se realiza un corte sagital del riñón se distinguen dos zonas diferenciadas: la zona externa, la *corteza renal* y la zona interna, la *médula renal*. Ambas se distinguen fácilmente por su distinta coloración. La corteza renal, de aproximadamente 1 cm de grosor es la más oscura. Posee un color más parduzco al estar más vascularizada. Por el otro lado, la médula renal está constituida por 8-10 masas conoidales que reciben el nombre de *pirámides renal* o *pirámides de Malpighi* <sup>(11,12)</sup>. La base de cada pirámide descansa en la corteza y, su ápice o también llamadas *papilas*, apuntan internamente hacia el *hilio renal*, descargando en el cáliz menor la orina previamente formada en la corteza. Entre las pirámides renales se encuentran *las columnas de Bertin*, elongaciones de la corteza renal <sup>(11,12)</sup>.

## 1.2. Funciones

Esta estructura tan compleja y característica del riñón es lo que le permite realizar sus múltiples funciones vitales para el buen funcionamiento del organismo. Estas funciones son: <sup>(11,12,13,14)</sup>

- a) Regulación de equilibrio hídrico y electrolítico. Se consigue establecer un medio interno mediante el balance entre ingestión y excreción de agua y electrolitos (iones cloro, potasio, calcio, hidrógeno, magnesio y fosfato).
- b) Excreción de los productos de desecho producidos por el metabolismo celular y de las sustancias químicas extrañas al organismo. Estos productos resultantes del metabolismo son la urea, la creatinina, el ácido úrico, bilirrubina y metabolitos de varias hormonas. También se eliminan sustancias extrañas que producimos o ingerimos como los pesticidas, los fármacos o los aditivos alimentarios.
- c) Regulación de la presión arterial mediante dos mecanismos: la regulación de niveles de agua y sodio, y la secreción de hormonas vasoactivas que activan el sistema renina-angiotensina-aldosterona, el cual afecta a la regulación hemodinámica local y sistémica.



- d) Regulación del equilibrio ácido-base, principalmente mediante la excreción de ácidos y la regulación de sustancias amortiguadoras de pH en el líquido corporal.
- e) Regulación de la eritropoyesis, al secretar *eritropoyetina*, hormona que estimula la producción de glóbulos rojos en la médula ósea.
- f) Activación de la vitamina D<sub>3</sub> (1,25-dihidroxitamina D<sub>3</sub> o calcitriol), vitamina principal en la absorción de calcio en el sistema digestivo y su depósito normal en los huesos.
- g) Gluconeogénesis, al sintetizar glucosa a partir de aminoácidos y otros precursores en situaciones de ayuno prolongado, por lo que contribuye de manera importante al mantenimiento de la glucemia.

### 1.3. La nefrona

La orina es el resultado de diversos mecanismos con el fin de regular el volumen y composición del líquido extracelular. Para ello, el riñón realiza una depuración o aclaramiento del plasma que lo atraviesa <sup>(14)</sup>. Estos mecanismos llevados a cabo son, en orden de sucesión: filtración (paso del plasma por los capilares glomerulares), reabsorción (devolución de sustancias al plasma), secreción (eliminación desde el plasma) y excreción final de la orina (Ilustración 2).

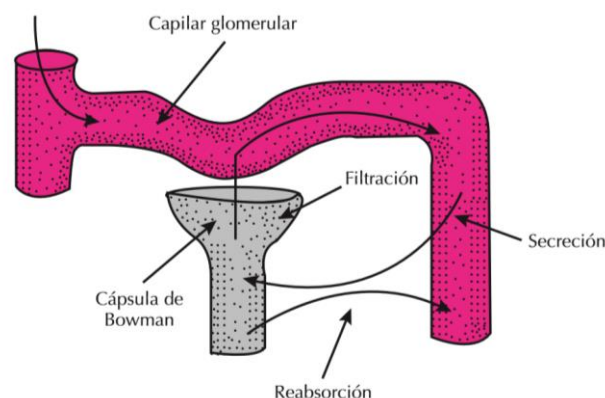


Ilustración 2: Representación esquemática de los procesos que intervienen en la formación de orina. Fuente: Tamargo Menéndez J. *Fisiología Humana* <sup>(14)</sup>.

La estructura funcional del riñón que permite realizar estos mecanismos es la nefrona. Cada riñón posee alrededor de 800.000 a 1.000.000 de nefronas capaces de producir orina. Estas estructuras no se regeneran y sufren una pérdida progresiva del 10% después de los 40 años. No obstante, esta regresión va acompañada de unos cambios adaptativos en el resto de las nefronas que permiten mantener una función renal normal. <sup>(11)</sup>

La nefrona se divide en dos partes con distintas funciones: <sup>(11)</sup>

- 1) **Glomérulo**: conjunto de capilares por los que se filtran altas cantidades de líquido desde la sangre. Se filtran la mayor parte de las sustancias del plasma, a excepción de las proteínas y células sanguíneas.
- 2) **Túbulo**: conducto largo por el que el líquido filtrado glomerular sufre procesos de reabsorción de agua y solutos, y secreción de otras sustancias desde los capilares peritubulares, dando finalmente como resultado, la orina.

#### 1.4. Filtración glomerular (FG)

Aproximadamente, está establecido que una nefrona filtra alrededor de 60ml/minuto. El ser humano, como hemos mencionado anteriormente, posee de media 2 millones de nefronas, por lo que se deduce que, en condiciones normales, se alcanza una filtración glomerular total de 120ml/min en relación a la superficie corporal, situándose dentro de la normalidad entre 90-140 ml/min/1,73 m<sup>2</sup> en personas adultas jóvenes sanas. La cualidad de “normalidad” se establecerá según la edad del paciente, puesto que hay que tener en cuenta la pérdida fisiológica de 1ml/min/año a partir de los 40 años de edad. <sup>(11,13)</sup>

#### 1.5. Necesidad de Eliminación

Virginia Henderson describe la necesidad de eliminación como la capacidad de un ser humano de limpiar su organismo de sustancias de desecho perjudiciales para su correcto funcionamiento. Esta necesidad incluye la valoración de la función renal, eliminación gastrointestinal, eliminación a través de la piel, eliminación pulmonar e inclusive, la menstruación <sup>(15)</sup>.

De forma global, esta necesidad se centra en la depuración interna del organismo, tema que ha estado presente prácticamente desde el comienzo del razonamiento humano. La tendencia a la purificación y limpieza no solo se observa en los inicios de la Medicina, sino que ha estado presente desde la época egipcia, Persia, griega, etc., donde la pureza física y espiritual era equivalente a la salud, hasta el día a día en nuestra sociedad actual, por ejemplo, con el auge de las “dietas detox”.

En la enfermedad renal, la necesidad de eliminación se encuentra alterada, llegando a repercutir en los distintos sistemas corporales (cardiovascular, tegumentario, óseo, nervioso...) y causando una mayor morbilidad y mortalidad prematura en los pacientes.

## 2. LA INSUFICIENCIA RENAL

### 2.1. Insuficiencia renal aguda

La **insuficiencia renal aguda** (IRA) es un síndrome clínico, potencialmente reversible, caracterizado por el rápido y brusco deterioro, en horas o días, de la función renal. Esto deriva en una disminución del filtrado glomerular que conlleva a una acumulación de productos nitrogenados séricos (urea y creatinina), acompañado por la incapacidad de regular la homeostasis (equilibrio ácido-base e hidroelectrolítico). Si la situación clínica progresa y no se instaura un tratamiento resolutivo o sustitutivo, puede derivar en consecuencias clínicas graves. <sup>(11,13)</sup>

Las causas de la IRA pueden dividirse en tres categorías principales según el origen inicial de la causa: disminución del flujo renal (IRA prerrenal), anomalías en el estado del parénquima renal (IRA intrarrenal) u obstrucción de las vías urinarias que impide de forma parcial o total la excreción de orina (IRA posrenal). El fracaso renal agudo con causa prerrenal o posrenal, si no son corregidos, pueden evolucionar a una insuficiencia renal aguda intrarrenal. <sup>(11,13)</sup>

## 2.2. Enfermedad renal crónica (ERC)

La **enfermedad renal crónica (ERC)** se define como cualquier daño estructural renal o función durante al menos tres meses de duración, sea cual fuere la causa que lo condicione, con implicaciones para la salud <sup>(1,2,16,17,18,19)</sup>. Para el diagnóstico de ERC se establecen los marcadores de daño renal (albuminuria elevada, alteraciones en el sedimento urinario, alteraciones electrolíticas, alteraciones estructurales histológicas, alteraciones estructurales en pruebas de imagen o trasplante renal) y/o la reducción de FG por debajo de 60 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>.

### 2.2.1. Factores de riesgo de la ERC

La progresión de la enfermedad crónica dependerá de la causa subyacente y de la eficacia con la que se trate. La progresión de la ERC provoca una pérdida de nefronas funcionantes que condiciona unos cambios intraglomerulares adaptativos en las nefronas sanas para intentar contrarrestar esta pérdida de filtración glomerular, restaurando así la diuresis. Sin embargo, a lo largo del tiempo estos cambios adaptativos (la hipertrofia de las nefronas remanentes y la hiperfiltración de proteínas plasmáticas) cierran un círculo vicioso que conduce al **fallo renal terminal**. <sup>(11,16,19)</sup>

En la ERC, se han determinado ciertos factores que hacen que una persona sea más susceptible a tener un daño renal (**factores de riesgo de susceptibilidad**). Por otro lado, los **factores iniciadores** son los relacionados con la iniciación directa del daño renal.

En relación a los factores que condicionan la progresión de la enfermedad y, la coexistencia de más de uno de ellos, aumenta exponencialmente la velocidad de la pérdida de funcionalidad renal pueden empeorar y acelerar el deterioro de la función renal son los denominados **factores de progresión** <sup>(1,4,13,16,19)</sup>. Dentro de estos factores, hay condiciones que no son modificables por el paciente (sexo, edad, herencia, etnia, condiciones nacimiento) y otras modificables.

Por último, existen factores que aumentan la morbimortalidad del paciente con ERC terminal en tratamiento con diálisis (tabla 1). <sup>(1,4,11,13,16,19)</sup>

Como se puede observar en la tabla, la *diabetes mellitus* y la *hipertensión arterial* son factores tanto de susceptibilidad, de iniciación y de progresión de la enfermedad renal crónica, de hecho, ambas han sido clasificadas como principal causa de fallo renal crónico aumentando exponencialmente la velocidad de la pérdida de funcionalidad renal si no son tratadas de forma adecuada.

<b>Factores de susceptibilidad</b>	Edad avanzada, antecedentes familiares, etnia afrocaribeña e indo asiático, sexo masculino, <b>diabetes Mellitus</b> , síndrome metabólico, estados que aumentan filtración renal ( <i>obesidad, HTA, anemia, alta ingesta proteica, disminución masa glomerular</i> ), albuminuria, dislipidemia, enfermedad cardiovascular	
<b>Factores iniciadores</b>	Enfermedades autoinmunes, infecciones sistémicas, infecciones urinarias, litiasis renal, obstrucción de las vías urinarias, fármacos nefrotóxicos, HTA, Diabetes.	
<b>Factores de progresión</b>	NO MODIFICABLES	Edad, genética, etnia afrocaribeña e indo asiático, sexo masculino y la pérdida de masa renal.
	MODIFICABLES	HTA mantenida, proteinuria, el sistema renina angiotensina aldosterona (SRAA), mal control de diabetes mellitus, hiperuricemia, dislipidemia, tabaco, fármacos nefrotóxicos y anemia
<b>Factores de estadio final</b>	Mala calidad en la diálisis (Kt/V), Acceso vascular temporal para diálisis, Anemia, Hipoalbuminemia, derivación tardía al servicio de nefrología	

Tabla 1: Factores iniciadores y de progresión en la ERC. Elaboración propia. (1,4,11,13,16,19)

(K= depuración de urea en el dializador; T= tiempo de diálisis; V= volumen de distribución de urea; Kt/V= valor que se utiliza para cuantificar la suficiencia de la dosis de diálisis.)

Muchos de los factores de progresión son compartidos con los de las enfermedades cardiovasculares, de hecho, las sociedades científicas consideran la ERC como factor de riesgo per sé de riesgo cardiovascular por su estrecha relación con la Insuficiencia cardiaca congestiva <sup>(19)</sup>. En España, en concreto, el informe ENRICA <sup>(20)</sup> ha puesto de manifiesto la estrecha correlación entre enfermedad renal y enfermedad cardiovascular.

### 2.2.2. Clasificación ERC

Tras la confirmación de la ERC, se clasificará en base a la causa, el nivel de filtración glomerular y la albuminuria. Esta nueva clasificación fue la actualización que estableció la National Kidney Foundation en la guía KDIGO<sup>(1)</sup> para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica en 2012 con el fin de poder clasificar más específicamente a los pacientes y establecer un tratamiento más consensuado. Se realizó una subdivisión del *Grado 3* en dos subgrupos (G3a y G3b) para poder determinar un riesgo y una derivación de los pacientes más precisa.

A efectos prácticos, se utiliza la clasificación de la ERC en base a la filtración glomerular para determinar, en primer lugar, la insuficiencia renal y la necesidad de tratamiento renal sustitutivo.

Así pues, se establece:

- IRC cuando el FG es menor a 60ml/min/1,73m<sup>2</sup>
- IRC en fase **terminal** cuando se encuentra en un nivel de filtrado menor de 15 ml/min/1,73 m<sup>2</sup> (grado 5), estadio en el cual el paciente debe comenzar con terapia de sustitución renal. <sup>(1)</sup>

Grado	Descripción		FG (ml/min/1,73 m <sup>2</sup> )
1	Daño renal con FG normal		90
2	Daño renal con FG ligeramente disminuido		60-89
3 a	IRC	FG moderadamente disminuido	45-59
3 b			30-44
4		FG gravemente disminuido	15-29
5		Fallo renal terminal	<15

Tabla 2: Clasificación de los estadios de la enfermedad renal crónica (ERC) según las guías K/DOQI 2012 de la National Kidney Foundation. Elaboración propia

### 3. TRATAMIENTO ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA TERMINAL (ERCT)

Actualmente se contemplan tres tratamientos para la sustitución de la función renal: la diálisis, el trasplante renal y el tratamiento conservador. <sup>(1)</sup>

#### 3.1. Trasplante renal

El trasplante es la solución más natural, siendo la única que puede suplir por completo todas las funciones del riñón. Consiste en la implantación de un riñón proveniente de un donante vivo o bien de un cadáver. Para que el trasplante sea efectivo el paciente-donante deben ser compatibles y reunir una serie de requisitos.

Según el registro de la S.E.N./ONT 2016, en España, el trasplante renal es la modalidad de tratamiento del 52,4% de los pacientes con Enfermedad Renal Crónica avanzada. <sup>(3)</sup>

#### 3.2. Diálisis <sup>(21,22,23,24)</sup>

La diálisis es una técnica depurativa que elimina los productos metabólicos de desecho a través de una membrana semipermeable mediante fenómenos de difusión, convección y ultra filtración. Si esta membrana es el peritoneo, hablamos de **diálisis peritoneal** (D.P.); sin embargo, si se realiza a través de un filtro artificial mediante dos circuitos separados (sangre y líquido de diálisis) hablamos de **hemodiálisis** (H.D.).

Mediante ambas técnicas se suple parcialmente la función renal de mantenimiento de un medio ácido-básico e hidroelectrolítico y de la excreción de productos de desecho (urea y creatinina). Sin embargo, no suple la función hormonal ni metabólica del riñón. Esto solo se consigue mediante el trasplante renal. <sup>(21,22,23,24)</sup>

La guía KDIGO 2012 <sup>(1)</sup> (Kidney Disease Improving Global Outcomes) para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica sugiere que el paciente inicie el tratamiento con diálisis cuando su filtrado glomerular sea menor a 10 ml/min/1,73m<sup>2</sup>.

### 3.2.1. Diálisis peritoneal

La técnica de diálisis peritoneal es relativamente nueva para el tratamiento de la enfermedad renal crónica. En 1923, Ganter, investigador alemán, fue el primero en realizar los primeros lavados peritoneales en humanos <sup>(25)</sup>.

El peritoneo es una membrana natural, semipermeable y completamente vascularizada que cubre, en forma de pliegues, las vísceras abdominales abarcando desde el diafragma hasta el suelo pélvico <sup>(25)</sup>. La **diálisis peritoneal** (DP) es una técnica de depuración renal que utiliza esta membrana dialítica como filtro de solutos y toxinas. En base a estos mecanismos, esta sencilla técnica consiste en infundir, mediante un catéter peritoneal, una cantidad de líquido dentro de la cavidad peritoneal de composición similar al líquido extracelular fisiológico. Seguidamente, se deja reposar durante un tiempo determinado siguiendo el gradiente osmótico, consiguiendo realizar un periodo de intercambio dialítico. Únicamente las moléculas de bajo peso molecular (urea, creatinina, potasio, calcio, sodio, fosfatos, etc.), son las que atraviesan esta membrana, de tal manera que permanecerán sin dializarse <sup>(22,24)</sup>. Finalmente, el líquido de intercambio se extraer y es eliminado posteriormente.

### 3.2.2. Hemodiálisis

La hemodiálisis (HD) es la terapia de sustitución renal que se realiza de forma extracorpórea. En esta técnica, la sangre del paciente es extraída y filtrada en un dializador artificial (membrana semipermeable sintética) y posteriormente devuelta al paciente <sup>(21,23,24)</sup>. En el dializador, se produce el intercambio de sustancias entre la sangre del paciente con el líquido de diálisis por los mismos mecanismos físicos (difusión y convección).

Para la hemodiálisis son necesarios tres elementos: acceso vascular del paciente que permita extraer sangre con un alto flujo; máquina de diálisis que interponga los dos circuitos (circuito sanguíneo y circuito hidráulico) y un dializador (elemento en el que se produce el intercambio de agua y solutos).



### 3.2.2.1. Máquina de diálisis

La máquina de hemodiálisis es la que consigue que, los dos circuitos necesarios, el sanguíneo y el hidráulico (líquido de diálisis) se encuentren en el dializador y se produzca el intercambio de sustancias. <sup>(21,23,24)</sup>

Para entender bien todo el circuito de hemodiálisis conviene entender los principales elementos que constituyen la máquina de hemodiálisis:

- **Bomba de sangre:** ejerce una presión negativa para poder extraer la sangre del paciente a través del acceso vascular, conducirla hasta el dializador y retornarla al paciente. El flujo de sangre (denominado flujo de bomba o  $Q_b$ ) que consigue extraer del paciente determina directamente el volumen sanguíneo que será depurado, afectando en la eficacia dialítica.
- **Circuito de sangre:** se compone de dos vías. La **línea de sangre de entrada** comienza en el acceso vascular y termina en el dializador, lugar donde comienza la **línea de sangre de salida**, la cual finaliza en el acceso vascular. En la práctica clínica se utilizan los términos *rama arterial* a la línea de entrada y *rama venosa* a la línea de salida, aunque toda la sangre sea venosa.
- **Circuito de líquido de diálisis.** Paralelamente existe un circuito de líquido de diálisis formado por agua ultra pura, concentrado con solutos y bicarbonato. Este circuito pasa por el dializador donde se encuentra con el circuito sanguíneo del paciente. Es importante saber que ambos circuitos no se mezclan, sino que se produce el intercambio únicamente por medio de los mecanismos de difusión y ultrafiltración.
- **Cámaras, puertos de entrada, controles.** Se encuentran a lo largo del circuito de hemodiálisis con la función de administrar medicación anticoagulante, medir presiones o detectar microburbujas de aire <sup>(21,23)</sup>. Es importante conocer los valores de referencia de las presiones arteriales (PA) y venosas (PV) esperadas según la el flujo de bomba ( $Q_b$ ) ya que diversos estudios relacionan la supervivencia y calidad de una FAV con el control de ambas presiones (a menor PA y mayor PV disminuye la

supervivencia de una fístula) <sup>(1,26,27)</sup>. Aunque no se ha determinado unos valores fijados, según las últimas recomendaciones, se considera que la PA no debería ser menor de aumento de -200 mmHg y que la PV no sobrepasara de 160 mmHg.

### 3.2.2.2. Dializador <sup>(22,28)</sup>

Es la parte fundamental de la terapia de hemodiálisis. Es el compartimento en el que se produce la depuración plasmática. El dializador se compone de una carcasa de que recubre una membrana semipermeable la cual separa dos compartimentos totalmente diferenciados <sup>(28)</sup>. En uno de ellos circula la sangre del paciente y por el otro el líquido de diálisis. El circuito sanguíneo pasa por el interior de capilares colocados como un haz a lo largo del dializador. Bañando estos capilares circula el líquido de diálisis, motivo por el cual también se denomina “líquido de baño” en la práctica clínica.

La parte fundamental del dializador es la membrana de diálisis <sup>(34)</sup>. El tipo de membrana se puede clasificar en base a varios factores (biocompatibilidad, permeabilidad, eficacia depuradora, polaridad, espesor, área de superficie, etc.). En la clínica, la clasificación más utilizada es según su composición química (celulósicas, celulósicas modificadas y sintéticas) y grado de permeabilidad o capacidad de depuración (alta, media o baja permeabilidad). <sup>(28)</sup>

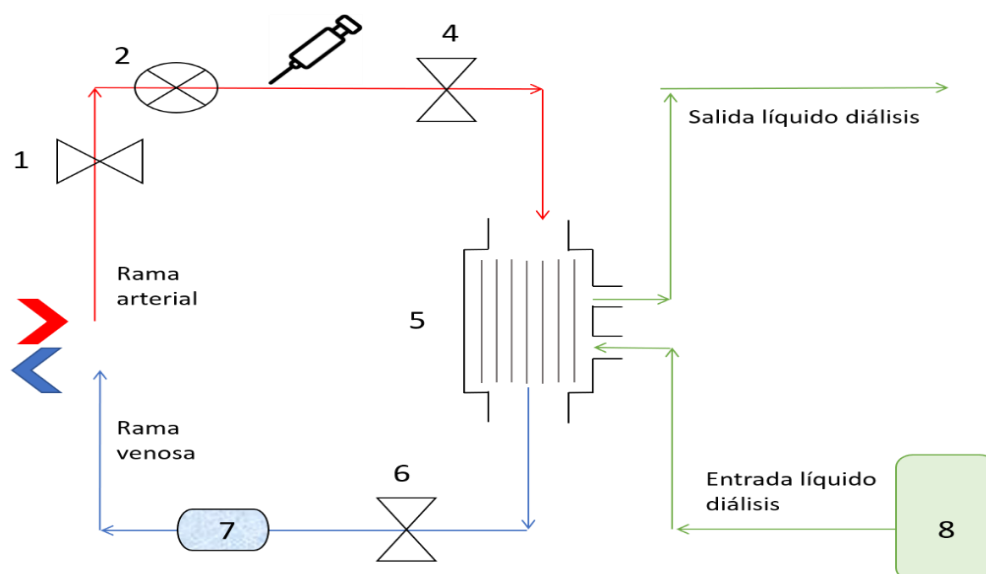


Ilustración 3: Esquema de hemodiálisis. Elaboración propia.

Leyenda:

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Monitor de presión arterial (PA)              | 5. Dializador                     |
| 2. Bomba de sangre                               | 6. Monitor de presión venosa (PV) |
| 3. Bomba de heparina                             | 7. Detector de burbujas de aire   |
| 4. Monitor de presión a de entrada de dializador | 8. Líquido de diálisis            |

Leyenda de símbolos:

- |  |  |
|--|--|
|  Monitor de presión |  Bomba de heparina            |
|  Bomba de sangre    |  Detector de burbujas de aire |

### 3.2.3. Tratamiento conservador

El tratamiento conservador es elegido por los pacientes que no desean entrar en tratamiento con diálisis ni ser trasplantados. Se basa en el manejo de los síntomas y del dolor surgidos por la progresión de la enfermedad renal. Debe incluir un cuidado psicológico, espiritual y cultural enfocado al paciente y a su entorno familiar. Además, deberá estar coordinado con la atención primaria para brindar los cuidados necesarios y satisfacer las necesidades del paciente <sup>(1)</sup>.

## 4. ACCESO VASCULAR PARA HEMODIÁLISIS

Uno de los factores que hacen que el proceso de hemodiálisis sea posible y se produzca de manera eficaz es la obtención de un buen acceso vascular que posibilite un buen flujo sanguíneo y así garantizar un tratamiento de hemodiálisis efectivo. El acceso vascular ideal debe reunir tres premisas: <sup>(1,6)</sup>

- Permitir un fácil e ininterrumpido acceso
- Garantizar un flujo sanguíneo de 300 – 400 ml/min durante un periodo de tiempo de 4 a 5 horas.
- Carecer de complicaciones sin sufrir un deterioro excesivo.

Hoy en día, existen **tres tipos de accesos vasculares** para un programa de hemodiálisis:

1. Fístula arteriovenosa natural/endógena (FAV).
2. Fístula arteriovenosa protésica (FAVP).
3. Catéter venoso central (CVC).

Tanto las guías de referencia mundial, *KDIGO 2012 CKD Guideline* <sup>(1)</sup>, como a nivel nacional, *Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis* <sup>(6)</sup> recomiendan como primera opción la FAV natural (FAVn), especialmente la radiocefálica, por resultar el acceso con mayor supervivencia, presentar un menor número de complicaciones, menos morbimortalidad en el paciente y la más costo efectiva <sup>(1,6,8,29)</sup>. Como segunda opción a la FAVn se utiliza la prótesis arteriovenosa (FAVp), dejando al CVC en tercer lugar. <sup>(1,6,30,31,32)</sup>

No obstante, al igual que la modalidad de terapia renal, el acceso vascular ideal para un paciente dependerá según el tipo, edad y condición de cada persona. Siempre se deberá buscar aquel acceso vascular que tenga las menores inconveniencias negativas tanto para el paciente como para el sistema sanitario. <sup>(1,4,6,29,32)</sup>

Si el acceso elegido para un paciente es la FAV natural, la guía *KDIGO 2012 CKD* recomienda su instalación cuando el paciente se encuentre en el estadio 5 de la enfermedad renal crónica 5 (filtrado glomerular < 15 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>) y/o una estimación de entrada en diálisis en 6 meses. Se requiere un periodo de antelación ya que la FAV no se puede utilizar inmediatamente tras su creación, por lo que se la derivación precoz de un paciente con ERC al servicio de nefrología ayuda a planificar con antelación el acceso vascular idóneo y permitir su correcta maduración. Este hecho se ha empezado a dar gran importancia en estos últimos años, formando parte de una de las líneas de actuación dentro de la Estrategia de Abordaje a la Cronicidad en el SNS en relación con la Enfermedad Renal Crónica. <sup>(2)</sup>

#### 4.1. Fístula arterio venosa

Una fístula arterio venosa es una conexión de una arteria a una vena adyacente con el objetivo de “arterializar” la vena. Se realiza de forma quirúrgica por cirugía vascular en los pacientes que requieren de un acceso vascular de fácil punción en el que se obtenga un alto flujo sanguíneo, como es el caso de los pacientes que están bajo tratamiento de hemodiálisis. Es el acceso vascular más seguro y de mayor duración, por ello, se considera como primera opción de AV por tener la tasa más baja de complicaciones. <sup>(1)</sup>

##### 4.1.1. Historia de la fístula arteriovenosa

El cuerpo humano posee dos tipos de vasos sanguíneos: arterias y venas. Ninguno de los dos sería un vaso indicado para el acceso vascular de un paciente en hemodiálisis. Las arterias están localizadas a mayor profundidad que las venas, lo cual dificulta su punción. Por otro lado, poseen un pulso muy fuerte y una presión muy alta. Las venas, en cambio, se encuentran más superficiales y eso facilita su punción, sin embargo, el flujo sanguíneo de una vena no es suficiente para el tratamiento de hemodiálisis. <sup>(32,33,34)</sup>

El origen del acceso vascular para hemodiálisis data desde el inicio de la terapia de Hemodiálisis introducido por Willem Johan Kolff en 1943 <sup>(32,33,34)</sup>. Tras varios intentos fallidos por complicaciones en el uso de cánulas de teflón (Quinton-Scribner), tubos de celulosa, vidrio o caucho, en 1966, Cimino y Brescia <sup>(32)</sup>, dieron con la solución al conseguir la anastomosis efectiva entre una vena y una arteria, consiguiendo la fístula arteriovenosa utilizada aún a día de hoy y siendo aún indicado como primera opción de acceso.

La dificultad de creación de FAV natural en pacientes con mala circulación periférica y pacientes de edades extremas, permitió el desarrollo de fístulas arteriovenosas con injerto. En un principio se realizaron con venas autólogas (vena safena, venas umbilicales, etc.) y venas heterólogas de origen bovino o porcino <sup>(32,33,34)</sup>.

A finales de los 70s se introdujeron las prótesis de material sintético de politetrafluoroetileno expandido (PTFE), permaneciendo hoy en día como el material protésico más utilizado en las FAVP.

#### 4.1.2. Tipos de fístulas arteriovenosas

Así pues, existen dos modalidades de fístulas arteriovenosas: la fístula arteriovenosa natural (FAV) y la fístula arterio-venosa protésica (FAVP). Aunque ambas se definen como un circuito arteriovenoso creado a partir de la unión de una vena y una arteria, la forma de unión, las complicaciones y las características difieren entre una y otra.

Dentro de las fístulas arteriovenosas se distinguen distintos tipos según: vasos utilizados, modo de anastomosis y material utilizado en caso de FAV protésicas <sup>(35)</sup>.

La denominación del tipo de FAV sigue tal patrón:

*Arteria donante + vena receptora + (material protésico si es FAVP)*

Las guías de accesos vasculares <sup>(1,6)</sup> para el acceso vascular en hemodiálisis recomiendan en cuanto a su **localización**:

- Considerar la zona más distal como primera opción para preservar al máximo la anatomía vascular del paciente en caso de resultar disfuncional y tener que realizar otra FAV
- Emplear de la extremidad no dominante para garantizar al paciente una mejor comodidad en su vida diaria y disminuir las consecuencias de la incapacidad funcional que pudiera provocar.
- Preferentemente la extremidad superior a la inferior para que sea más cómodo y accesible a la punción. Las FAV en el miembro inferior presentan un elevado riesgo de isquemia en la extremidad por lo que se tiende a evitar dicha localización.
- Utilizar la extremidad contralateral si el paciente es portador de un marcapasos o ha llevado un catéter venoso central en la subclavia o en la yugular durante mucho tiempo.

Selección de vasos: (1,6,35)

- **Arterias:** en la extremidad superior, la arteria principal es la arteria braquial o arteria humeral que, a la altura de la articulación del codo se bifurca en la arteria radial y en la cubital. Estas se dividen posteriormente en arterias más pequeñas formando el arco palmar.
- **Venas:** en el miembro superior hay varias venas que son accesibles a la hora de realizar una anastomosis. En la zona del antebrazo se encuentran la vena cefálica y basílica. Estas dos convergen en una vena más profunda, la vena axilar que continua con la vena braquial.

#### 4.1.3. Tipos de FAV según vasos utilizados y su anastomosis

Los tipos de FAV se dividen de forma general en naturales o protésicas. Para cada tipo, se realiza una clasificación según los vasos utilizados y la técnica quirúrgica realizada. Las más comunes, bien por la sencillez de la técnica o por la menor tasa de complicaciones son: (1,6,32,33,34,35,36)

#### Según vasos utilizados:

##### ❖ En fístulas arteriovenosas naturales:

- Zona antebrazo distal: son las FAV de primera elección.
  1. radio – cefálica en tabaquera anatómica
  2. radio – cefálica en muñeca
  3. radio – cefálica en antebrazo.
- Zona flexura del brazo: se consideran las FAV de segunda opción. Tiene baja tasa de complicaciones, pero alta frecuencia de síndrome de robo arterial.
  1. Braquio – cefálica o humero – cefálica
  2. Braquio – basílica o humero – basílica
- Localizadas en la pierna: se utilizan como último recurso por presentar alta tasa de complicaciones, especialmente de isquemia en la extremidad.

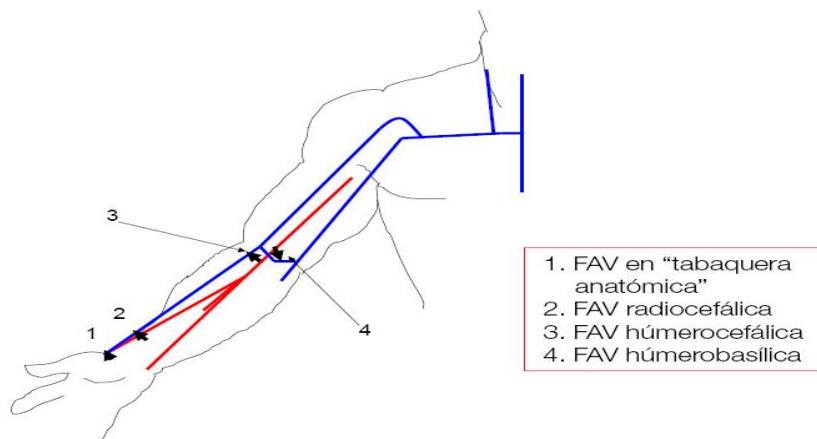


Ilustración 4: Tipos y localización de FAV natural en el miembro superior. Fuente: Jiménez Almonacid P. Fístulas arteriovenosas para hemodiálisis (35)

❖ En fístulas arteriovenosas protésicas: hay una gran variante de opciones para las FAV protésicas al posibilitar más uniones. Las más comunes son: (41,44)

- Zona antebrazo: las más utilizadas.
  1. radio – basílica recta
  2. braquio – basílica en asa o "loop"
- Zona brazo:
  3. Braquio – axilar o humero – axilar
  4. Axilo – axilar: no muy común al dificultar la punción y canulación.
  5. Braquio – yugular o humero – yugular

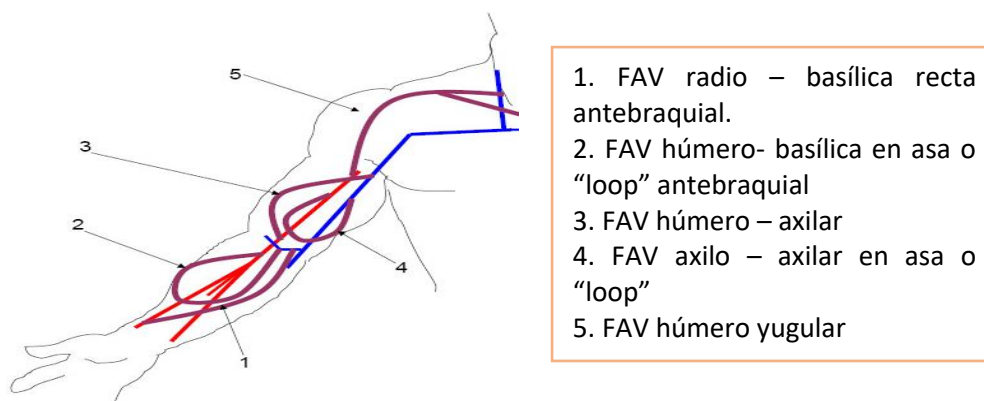


Ilustración 5: Tipos y localización de FAV protésicas en el miembro superior. Fuente: Jiménez Almonacid P. Fístulas arteriovenosas para hemodiálisis (35).



**Según técnica de anastomosis:** <sup>(34,36)</sup> podemos clasificar las anastomosis entre una arteria y una vena según el lado por el que se aboquen en: latero-lateral, latero-terminal, termino-terminal y termino-lateral. Siempre se nombra primero la forma de unión de la arteria seguido de la vena.

- ❖ Latero-lateral: fue la descrita por Cimino y Brescia. En este caso, la arteria y la vena se suturan por sus paredes laterales por lo que un requisito es que ambos vasos se encuentren próximos. <sup>(36)</sup>
- ❖ Latero-terminal: es la más utilizada actualmente. La parte distal de la vena es disfuncional, por lo que todo el flujo es redirigido totalmente por la vena proximal. <sup>(36)</sup>
- ❖ Término-terminal: en este caso se forma como resultado un “asa vascular” tras seccionar la arteria y la vena y unir sus extremos. Tienen la ventaja de poseer un flujo limitado y evitar la hipertensión en la FAV. Sin embargo, no son muy utilizadas por su alta frecuencia de isquemia en la zona distal de la extremidad. <sup>(36)</sup>
- ❖ Término-lateral: la arteria es seccionada y unida a la vena en su cara lateral. Es el tipo menos utilizado. <sup>(36)</sup>

#### 4.1.4. Periodo tras la realización de la FAV o postquirúrgico.

Los cuidados de enfermería en el postoperatorio inmediato deben ir dirigidas a la detección de las complicaciones precoces <sup>(1,6,33)</sup>. Se debe intentar siempre mantener una hemodinamia adecuada en el paciente controlando su temperatura, tensión arterial y la frecuencia cardiaca <sup>(6)</sup>. Así mismo, controlar el apósito para detectar signos de hemorragia, examinar la presencia de *thrill*<sup>2</sup> y soplo<sup>3</sup> en la fístula, palpación de pulso distal y mantener la extremidad elevada para evitar el edema <sup>(6,33)</sup>.

---

<sup>2</sup> Thrill: “vibración transmitida y perceptible mediante palpación cutánea ocasionada por el flujo turbulento entre arteria y vena”. (Guía de acceso vascular en Hemodiálisis de la Sociedad Española de Nefrología)

<sup>3</sup> Soplo: “sonido audible mediante auscultación originado por el flujo turbulento, en este caso entre un sistema de mayor presión, como es el arterial, a otro de menor presión como es el venoso”. (Guía de acceso vascular en Hemodiálisis de la Sociedad Española de Nefrología)

Es importante educar al paciente previo a la realización de la fístula sobre los cuidados postquirúrgicos y las precauciones que deberá tomar. Especialmente, enseñar la detección del thrill y el soplo puesto que son signos que deben estar presentes en toda FAV e indican el estado de ésta <sup>(1,6,33)</sup>.

#### 4.1.5. Examen físico de la FAV

Desde la creación de cualquier FAV, la realización de un examen físico exhaustivo es primordial para valorar su estado y poder detectar complicaciones que peligren su supervivencia. Además de ser importante para la detección precoz de complicaciones, el examen físico debe ser el primer paso para obtener información acerca del acceso vascular. Diversos estudios concluyen en que un buen examen físico realizado por personal cualificado que tenga conocimientos sobre las complicaciones de los accesos vasculares previene de forma notable las complicaciones inesperadas de una FAV <sup>(6,33,34,35,37)</sup>.

Generalmente, las dos complicaciones más frecuentes, la trombosis y la estenosis pueden detectarse precozmente por signos simples como un aumento de la presión venosa o dificultad en la canulación del acceso. Por ello, tanto las guías de ámbito nacional <sup>(6)</sup> como internacional <sup>(1,27)</sup>, así como estudios sobre vigilancia y monitorización de acceso vasculares <sup>(9,10,33,36,37,38,39)</sup> recomiendan establecer exámenes físicos protocolizados en toda fístula de forma continuada en los pacientes.

El examen físico debe basarse en: <sup>(1,6,10,37,39)</sup>

- Inspección: se debe observar la presencia de edemas, hematomas, crecimiento anormal de aneurismas y/o pseudoaneurismas, erupción cutánea, heridas en la piel, exudación.
- Palpación del pulso y valoración del “thrill” (aumento o disminución) o distinta temperatura. Se deberá evaluar a lo largo de todo el trayecto de la extremidad.
- Auscultación con un fonendo. Se deberá escuchar un soplo de duración corta. En una FAV con buena función se ausculta un sonido continuo y suave que disminuye en intensidad.

La rentabilidad diagnóstica del examen físico aumenta si se complementa con la valoración de otros parámetros como:

- Valoración de parámetros dialíticos y dificultad en la canalización. Se deberá registrar los parámetros de presión arterial y venosa en la máquina de hemodiálisis, dificultad en la canulación, disminución del flujo de sangre, recirculación y parámetros que valorar la calidad de la diálisis (Kt, Kt/V, dialisancia). <sup>(6,10)</sup>

El aumento negativo de la presión arterial podría ser signo de estenosis en la zona previa a la punción o un bajo flujo del AV (por ejemplo, hipotensión o AV no funcionando). Por otro lado, el aumento de la presión venosa puede significar la presencia de estenosis en el tracto venoso. La vigilancia de la FAV por medio de los parámetros de PA y PV es un método fácil y muy poco costoso, sin embargo, algunos estudios concluyen que es un método poco fiable para la detección de estenosis. <sup>(1,6,10,19,27)</sup>

Otro parámetro que puede orientarnos a la determinación de un buen acceso vascular es la recirculación y la eficiencia dialítica, medida por el Kt/V y la tasa de reducción de urea (RRU).

- Hemostasia. Deberá valorarse el aumento o disminución del tiempo de hemostasia post punción. En las FAV protésicas el tiempo de hemostasia es mayor que en las autólogas, por lo que se deberá incidir en el paciente la realización de una buena hemostasia para evitar la aparición de aneurismas, pseudoaneurismas y/o hematomas.

Ante sospechas de disfunción en el acceso vascular tras este examen físico y/o presencia de alteraciones en los parámetros, las guías de acceso vascular <sup>(1,6)</sup> recomiendan la utilización de pruebas de imagen como la **ecografía** o la **fistulografía**.

En cuanto a las indicaciones para la realización de una u otra dependerá de los hallazgos encontrados y de los medios disponibles. La eficacia de cada técnica se ha visto que depende del tipo de FAV y de las habilidades del observador, sin embargo, la fistulografía sigue constituyendo el patrón de referencia diagnóstico <sup>(6)</sup>.

Aunque, debido al carácter invasivo de ésta última, la prueba recomendada como primera elección es la ecografía <sup>(1,6)</sup>, dejando a la fistulografía como prueba diagnóstica en caso de dudas o resultados no concluyentes o sospecha de estenosis significativa.

#### 4.1.6. Maduración

La maduración de una FAV se entiende como el conjunto de mecanismos de adaptación de la vena al aumento de flujo. En este proceso, el diámetro y el grosor de la pared de la vena aumenta progresivamente permitiendo un aumento de flujo. En las FAV protésicas, la maduración se entiende como el proceso de adaptación del injerto y la creación de una capa de neoíntima en la pared de la luz. <sup>(6,9,27,33,37,40,41)</sup>

El tiempo para la maduración es un tema que sigue en controversia ya que no se ha establecido un periodo determinado. Por lo general, una FAV natural precisa de unas 6 a 12 semanas antes de poder utilizarse, pudiendo evaluar su uso a partir de la cuarta semana <sup>(1,6,27,41)</sup>; la FAV protésica posibilita su uso después de 2-3 semanas tras su colocación y, por último, el catéter venoso central se puede utilizar inmediatamente tras su inserción al no precisar proceso de maduración. En este aspecto, se recomienda siempre una derivación precoz de los pacientes con ERC en fase 4-5 al servicio de nefrología para poder tener tiempo para planificar la creación de una fístula arteriovenosa y permitir una correcta maduración previamente a su utilización. <sup>(1,2,6,41)</sup>

El retraso de la maduración se entiende como la falta de desarrollo tras ocho semanas. La utilización de una fístula inmadura genera una mayor debilidad en las paredes, aumentando la probabilidad de complicaciones y disminuyendo la supervivencia del AV. Esto puede llegar a provocar la pérdida de la fístula arteriovenosa debiendo instalar un CVC en el paciente, generando mayor gasto sanitario y repercutiendo en la calidad de vida del paciente. <sup>(1,4,6, 40,41,43)</sup>

La guía de la National Kidney Foundation (NKF KDOQI 2012) ha introducido la regla de los 6s para poder determinar el estado de maduración de una fístula mediante una **ecografía Doppler**. <sup>(1,43)</sup>

La regla de los 6s:

- El flujo debe ser igual o mayor a 600 ml/min
- El diámetro de la vena debe ser mayor de 6mm
- El vaso debe estar a menos de 6 mm de la superficie de la piel

Si tras 6 semanas no se consiguen esos parámetros, la fístula deberá de ser reevaluada por el cirujano vascular, nefrólogo o radiólogo. El fallo de maduración es un problema que aparece entre el 28 y el 53% de las FAVs <sup>(1,6,27)</sup>. Los factores implicados en el fallo de maduración no están claros, sin embargo, diversos estudios <sup>(6,33,40,41,42)</sup> relacionan distintos factores como:

- a) Factores internos, incluyendo diabetes mellitus, sexo femenino y edades extremas.
- b) Estado de la estructura inicial de la vena y arteria (diámetro de los vasos, tamaño de la anastomosis, etc.)
- c) Técnica quirúrgica.
- d) Lesiones de la pared vascular provocado por múltiples punciones repetidas.
- e) Ejercicio realizado por el paciente tras la realización de la fístula.

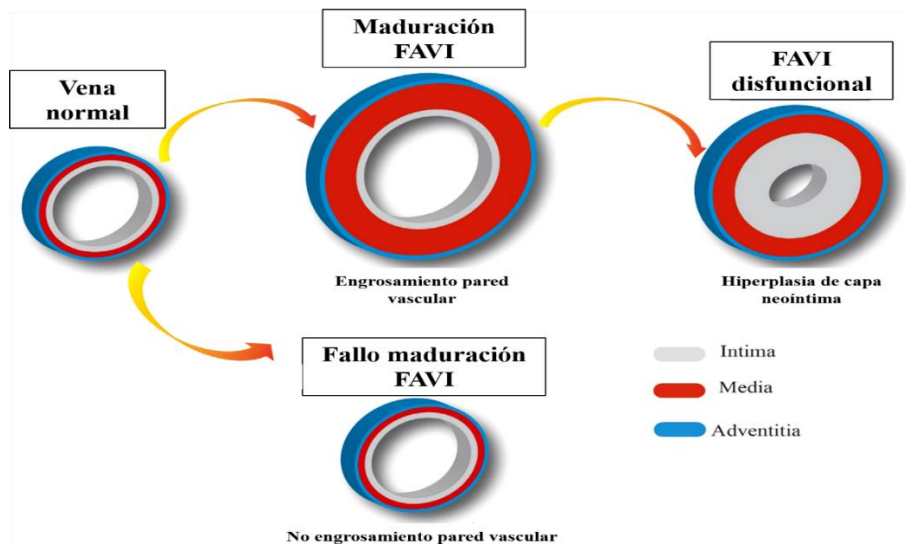


Ilustración 6: Esquema de maduración de la FAV. Fuente: esquema traducido de traducción de Hanisch J et al. <sup>(41)</sup>

#### 4.1.7. Técnicas de punción

La punción y utilización de una FAV se deberá realizar una vez asegurada su maduración y su buen estado. Un paciente con FAV como acceso vascular es puncionado 6 veces a la semana, lo que se convierte en 312 punciones anuales. La punción deberá ser realizada por personal cualificado y experimentado, mediante una técnica adecuada, puesto que la técnica de punción influye directamente en el estado de la fístula y en la aparición de complicaciones <sup>(36,44,45,46,47)</sup>, además de garantizar una mayor satisfacción en el paciente <sup>(31,43)</sup>.

La **técnica** usual de canalización se basa en la punción de dos agujas separadas de una distancia mayor de 2,5 cm. La aguja del retorno venoso se debe colocar siempre a dirección del flujo sanguíneo, pero la aguja de la vía arterial puede colocarse en cualquier dirección (anterógrada o retrógrada) <sup>(1,6,27,32,48)</sup>. La **zona de punción** dependerá de la técnica y del estado de la fístula (zonas maduras, presencia de estenosis, etc.)

En la práctica clínica se aceptan tres técnicas de punción:

- **La técnica de punción escalonada:** es la técnica recomendada por las guías de acceso vascular. Consiste en utilizar toda la zona disponible, alternando los puntos de punción y variando las zonas al menos 5mm entre puntos de punción anteriores. No obstante, no siempre es posible en todos los pacientes por presentar una menor longitud de la FAV, estenosis, edema u otras complicaciones que impidan una correcta canulación.
- **Zona específica de punción:** consiste en utilizar siempre una zona específica de unos 2-3 cm para las punciones. Esta técnica es la que está más relacionada con la formación de aneurismas, debiéndose evitar en la medida de lo posible esta técnica.
- **Técnica de los agujeros o button hole:** consiste en la canulación de la FAV mediante una aguja roma, con el mismo ángulo y fuerza de punción, en el mismo punto, a través de un túnel formado por tejido cicatricial entre la piel y la FAV que facilita la canalización de la aguja a través de su recorrido <sup>(45,46)</sup>.

La punción debe ser realizada por el mismo profesional con aguja convencional de hemodiálisis hasta que el túnel cicatricial esté totalmente formado.

A partir de entonces, la punción se procederá con aguja de punta roma (Biohole Needle) y podrá puncionar cualquier personal cualificado. Diversos estudios han demostrado que esta técnica reduce el tiempo de hemostasia postpunción, causa menor dolor en el paciente y disminuye la formación de aneurismas y pseudoaneurismas <sup>(1,27,45,46)</sup>. Esta técnica ha cobrado gran importancia en Europa y Japón, sin embargo, en España la cantidad de estudios realizados con esta técnica son pocos y su utilización no está muy expandida <sup>(45)</sup>. Se recomienda el uso de esta técnica cuando el trayecto venoso de punción sea corto <sup>(1,6,27,45,46)</sup>.

Independientemente de la técnica de punción que se utilice, se deberá procurar ocasionar el menor trauma posible. Cuanto menor sea el trauma, más fácil se cicatrizará la lesión y tardará menos en volver a la estructura anatómica normal de la pared venosa <sup>(33)</sup>. Sin embargo, si la lesión es traumática o se realizan múltiples punciones, mayor será la cicatriz reparadora y aumentará el riesgo de trombosis.

#### 4.1.8. *Complicaciones de la FAV.* <sup>(10,27,32,33,35,38,49,50)</sup>

Aunque las fístulas arteriovenosas sean el acceso vascular ideal para un paciente en hemodiálisis, no están exentas de complicaciones. Ante estas complicaciones, enfermería se enfrenta día a día. Así pues, detectar a tiempo los problemas reales o potenciales, brindar cuidados para evitar la aparición de las complicaciones o tratar precozmente las complicaciones son actividades que deberán estar en todo plan de cuidados en una Unidad de Hemodiálisis.

Las complicaciones que se van a desarrollar son: estenosis, trombosis, infección, síndrome de robo arterial, aneurisma y pseudoaneurisma.

## A. ESTENOSIS

Son la causa fundamental de disfunción de las FAV. Se considera estenosis a la reducción de la luz vascular mayor a un 50% independientemente el sector de la estenosis.

El tratamiento debe instaurarse cuanto antes para preservar la supervivencia de la FAV ya que aumenta exponencialmente el riesgo de trombosis y de pérdida del AV. (1,6,28,35,50)

La estenosis puede ser precoz, si se produce tras la cirugía, o tardía, si se produce tres meses después de su creación. Esta última es la más frecuente, pudiéndose producir en la arteria, en la anastomosis arterio-venosa o en el trayecto venoso. Las estenosis arteriales son las menos frecuentes y están relacionadas con la arterioesclerosis que pudiera presentar el paciente. Por otro lado, las estenosis yuxtaanastomóticas (entre el 55-75%) o las venosas (25%) son más frecuentes y tienen una estrecha relación con factores externos como técnica de punción, flujo venoso postbomba, autocuidados, etc. (6) La fisiopatología relacionada con la estenosis tardía está relacionada con la creación de una hiperplasia en la neointima, proliferándose una capa de músculo liso que va disminuyendo la permeabilidad de la fístula (32,34). El desarrollo de esta capa está relacionado con la alta presión que ejerce el alto flujo en las paredes de la vena arterializada (49,50).

Enfermería tiene un gran papel previniendo la estenosis tardía. En primer lugar, permitiendo un proceso de maduración adecuado antes de puncionar la FAV y utilizando una técnica y aguja correcta para el tipo de FAV se reduce la aparición de estenosis en las fístulas arteriovenosas (6,10,27,35,48). En cuanto a las pruebas diagnósticas complementarias, la angiografía es la utilizada como prueba diagnóstica definitiva. No obstante, se han realizado diversos estudios y metaanálisis de comparación entre la fistulografía y la ecografía Doppler para su detección (6), donde se concluye que la ecografía Doppler realizada por personal experto sirve de ayuda para el diagnóstico de estenosis. De hecho, un examen físico del AV y la valoración de la estenosis con la ED se recomienda previamente a la intervención con fistulografía. (6)



① *Signos de alerta:* (6,37,50)

- En una FAV autóloga una estenosis puede ser detectada a simple vista visualizando todo el trayecto y detectando zonas más dilatadas o con más tensión.
- Con la valoración del pulso y de thrill también se puede detectar zonas con estenosis.
  - Un pulso presente, fácilmente compresible es signo de normalidad. La presencia de hipopulsación (pulso débil) indica una estenosis en la zona cercana a la anastomosis, mientras que la hiperpulsación (pulso en martillo, difícil compresión) indica la presencia de estenosis en la zona distal de la FAV, en el trayecto de salida.
  - El thrill o frémito debe ser auscultable y palpable de forma continua. Si está presente, pero de forma discontinua, indicaría una estenosis parcial y se deberán realizar pruebas que valoren y diagnostiquen el grado de complejidad de la estenosis. Por el contrario, si está ausente es un signo de alarma e intervención urgente, ya que indica la presencia de una trombosis completa de la FAV (ausencia total de flujo).
- Mediante la realización del “test de chequeo del aumento de pulso”. Partiendo de la base que el pulso en la zona de la anastomosis no debe ser saltón, si ocluimos la zona proximal de la FAV y el pulso en la zona de la anastomosis no aumenta y no disminuye el thirll, se demuestra que existe una estenosis en el trayecto de entrada (zona de anastomosis), puesto que en condiciones normales éste debería de aumentar y volverse hiperpulsatil (6,37)
- La variación de soplo a la auscultación también indica una anomalía en el paso del flujo por la FAV, lo cual también puede indicar la presencia de estenosis. (6)

- Una estenosis en la FAV también se puede sospechar por una disminución en el flujo arterial ( $Q_a < 400 \text{ ml/min}$  en FAVn o  $Q_a < 600 \text{ ml/min}$  en FAVP) o en un aumento de presión venosa de retorno. <sup>(6)</sup>
- Aumento del tiempo de hemostasia post punción. <sup>(6)</sup>

## B. TROMBOSIS

Es una complicación también muy frecuente. Una trombosis grave debe tratarse de urgencia en las primeras 24 horas para evitar la pérdida de funcionalidad de la FAV y evitar la colocación de un CVC en el paciente.

Las FAV con injerto tienen la ventaja al inicio de una baja tasa de trombosis temprana, sin embargo, a largo plazo esta ventaja disminuye drásticamente aumentando el riesgo de trombosis. La fístula braquiocefálica o braquiobasílica, aunque poseen mejor tasa de maduración, tienen una alta incidencia en trombosis a largo plazo <sup>(43,44)</sup>.

① Signos de alerta: <sup>(6,34,37,38)</sup>

- Diagnóstico clínico: ausencia de thrill y soplo.
- La presencia de coágulos en la aguja o la dificultad para la canulación pueden hacernos sospechar de trombosis en las paredes.
- Aumento de la presión venosa en la máquina de diálisis
- Aumento del tiempo de hemostasia post punción.

## C. INFECCIÓN

La infección es la segunda causa de ingreso de los pacientes portadores de un AV en hemodiálisis, siendo mucho más común en pacientes portadores de un CVC. En las infecciones tardías, el germen patógeno más frecuente es el *Stafilococo aureus*. <sup>(27,35,49,51)</sup>

Para su detección en el acceso vascular se debe prestar atención a la sintomatología típica de la infección: dolor, rubor, calor, eritema, supuración, fiebre. En caso de observar signos o síntomas de infección se deberá avisar al facultativo.

Las guías de acceso vascular recomiendan siempre un procedimiento aséptico en el procedimiento de punción. Para garantizar la asepsia, la enfermera deberá seguir siempre los pasos siguientes: <sup>(6,27,49,47,51)</sup>

- Previo lavado de manos con agua y solución jabonosa
- Utilización de guantes estériles
- Desinfección de la zona con antiséptico con movimientos giratorios de dentro hacia afuera
- Preparar un campo estéril que abarque la mayor zona posible
- Utilización de mascarillas tanto para el personal de enfermería como para el paciente
- Colocar un apósito estéril en la zona de punción tras realizar una buena hemostasia.

#### **D. SÍNDROME DE ROBO ARTERIAL**

Esta complicación está relacionada con la fístula arteriovenosa y es una complicación muy frecuente <sup>(6,49)</sup>. Este síndrome se caracteriza por hormigueo, dolor, frialdad, palidez y pérdida de funcionalidad de la extremidad se produce cuando no llega un flujo arterial suficiente en la zona distal del miembro donde se encuentra la FAV. Es típico en las fistulas de gran calibre como la humeral o la femoral y más frecuente en paciente diabético o con esclerodermia <sup>(6,27,35,49)</sup>.

La complicación más grave de este problema es la pérdida de tejido por falta de riego sanguíneo.

#### **E. ANEURISMA Y SEUDOANEURISMA**

Son dilataciones (abultamientos) venosas en el territorio de la fístula arteriovenosa formados por la evolución de un flujo continuo turbulento que va dilatando cada vez más el vaso. La gran diferencia entre ambas radica en que solamente el aneurisma incluye todas las capas vasculares. <sup>(6)</sup>

La manifestación de la dilatación del aneurisma dependerá de la resistencia de las paredes del vaso a lo largo del trayecto. Si existe una zona donde la pared posee menor resistencia, la dilatación será redondeada en esa zona. Si la pérdida de resistencia es generalizada en toda la zona del trayecto venoso, se formarán dilataciones que no solo aumentarán el tamaño del vaso sino también su longitud, pudiendo apreciar un zig-zag. <sup>(33,34,35,49)</sup>

Las complicaciones añadidas pueden ir desde trombosis, infección, compresión local hasta rotura espontánea, repercutiendo en la eficacia hemodialítica como falta de flujo, aumento de la presión de retorno o recirculación aumentada. <sup>(33,34,35,49)</sup>

Las punciones repetidas en el mismo punto de punción, el aumento de la presión venosa o la inmunosupresión se consideran factores que pueden estar involucrados <sup>(32,42)</sup>. Los pseudoaneurisma, en cambio, están más relacionados con técnicas de hemostasias inadecuadas o insuficientes o incluso de un mal retiro de la aguja tras la diálisis.

Se deberá evitar puncionar las zonas con aneurismas o pseudoaneurisma.

#### F. PUNCIÓN DIFÍCIL

La zona y técnica de punción que se realice, repercute en la aparición de complicaciones en la FAV y en la supervivencia de ésta. Una mala canulación puede generar la aparición de: hematomas, aneurismas o pseudoaneurisma e infecciones, así como una mala calidad de la diálisis. <sup>(47,48)</sup>

La punción difícil de una fístula arteriovenosa es uno de los problemas más comunes en las salas de hemodiálisis. No es una complicación per sé, sino un problema que puede generar un círculo vicioso terminando en la pérdida de funcionalidad de la FAV. La punción difícil no se debe entender como una técnica pobre y una falta de competencias técnicas en el personal sanitario. La dificultad en la canalización puede estar relacionada con factores como una FAV profunda, palpación difícil del thrill, zonas estenóticas, presencia de aneurismas, bajo flujo de la fístula, etc. <sup>(47,48)</sup> En estos casos, la ecografía es una técnica que puede ayudar a aumentar la probabilidad de éxito de la punción.

#### 4.1.9. Cuidados de la persona portadora de FAV

La supervivencia y buen estado de una FAV no solo depende de los cuidados y el manejo que se presten “in situ” en la sala de hemodiálisis. También son importantes los autocuidados y precauciones que toma el paciente fuera del ámbito hospitalario. Es importante que, tanto la enfermera de Atención Primaria como la enfermería de Hemodiálisis, inculquen los autocuidados necesarios al paciente portador de una fístula arteriovenosa.

El Servicio de Hemodiálisis del Complejo Hospitalario de Navarra cuenta con un manual para el paciente en el que se detalla el proceso de la enfermedad renal, los tipos de tratamientos, cuidados del acceso vascular, recomendaciones en la dieta renal, etc. Es un manual muy completo que asegura unos conceptos claves en el paciente. Basándome en este manual y en las guías de cuidados y buenas prácticas del acceso vascular he sintetizado estos cuidados en un díptico adjuntado como anexo (Anexo 2). <sup>(1,6,27)</sup>

#### 4.2. Catéter venoso central

Podemos definir un catéter como «un tubo de material biocompatible que permite llegar a una vena de gran calibre donde existe un buen flujo de sangre, y que se utiliza para fines terapéuticos».

Las guías de práctica clínica recomiendan el uso de CVC como última opción para el acceso vascular debido a su asociación con una mayor incidencia de morbilidad y mortalidad comparado con los pacientes portadores de fístulas arteriovenosas <sup>(1,6,24,29,30,31)</sup>. Normalmente, se utilizan cuando se precisa un AV inmediato, es decir, en situaciones de emergencia, o cuando las opciones de creación de una fístula arteriovenosa han sido agotadas.

Los CVC se pueden clasificar en tunelizados y no tunelizados <sup>(30)</sup>. Cada catéter se diferencia según el material del que está compuesto, largura, número de lúmenes, tipo de lúmenes, etc.

Los CVC no tunelizados están indicados para situaciones agudas. Su instalación es rápida, realizándose a pie de cama del paciente. Por lo general, se utiliza el acceso

femoral en pacientes que requieren de forma aguda tratamiento de hemodiálisis, plasmaféresis o hemoperfusión <sup>(24,30)</sup>.

Por otro lado, los CVC tunelizados están indicados para situaciones que indiquen un uso más prolongado del catéter. Su instalación es más compleja debiendo ser colocado en quirófano <sup>(30)</sup>. Estos catéteres presentan *cuff* diseñado para perdurar más, ayudando a la fijación en la pared vascular y reduciendo la incidencia de infección <sup>(30)</sup>. El sitio de inserción más óptimo es la vena yugular derecha <sup>(24,30)</sup>.

## SEGUNDA PARTE:

### 1. ¿QUÉ ES LA ECOGRAFÍA? <sup>(52,53,54,55,56)</sup>

La **ecografía** es una técnica diagnóstica basada en las propiedades físicas del sonido. La ecografía, o ultrasonido, se basa en el **efecto piezoeléctrico**, que es la propiedad de algunos cristales de generar una vibración cuando son estimuladas por una señal eléctrica, produciendo una onda sonora de alta frecuencia que se transmite al medio adyacente, a la que llamamos **ultrasonido** (energía acústica). Y, de forma inversa, estos cristales convierten las ondas acústicas en señales eléctricas cuando son estimulados por las ondas reflejadas.

Resumiendo, de forma clara, el funcionamiento de la ecografía se basa en la emisión de ondas sonoras de alta frecuencia por el transductor mediante la vibración de los cristales o cerámica al ser estimulados por una señal eléctrica. A esta onda sonora se le llama **ultrasonido**.

A medida que estas ondas, producidas por el transductor, atraviesan los distintos tejidos corporales con diferentes características y densidades, sufren una atenuación de su energía como consecuencia de su absorción, reflexión, refracción y/o difusión (ver ilustración 7).

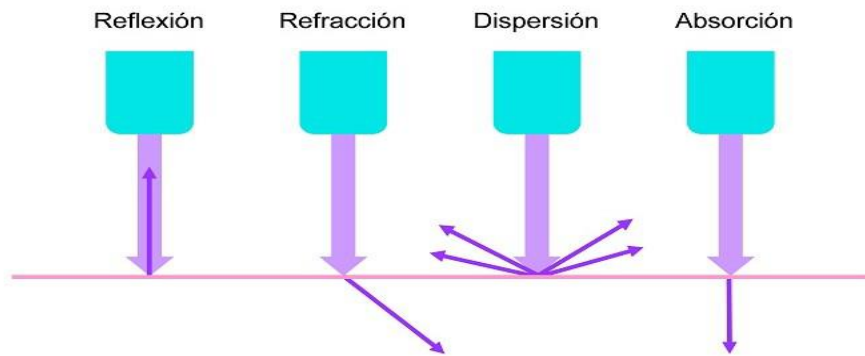


Ilustración 7: Mecanismos de atenuación de la onda sonora por el paso de los tejidos. Fuente: Granados et al. (55)

Por lo tanto, las ondas primarias rebotan en los tejidos generando ondas sonoras reflejadas, las cuales estimulan los cristales del transductor. Finalmente, estos ecos reflejados se convierten en señales eléctricas, generándose la imagen ecográfica que todos conocemos. La intensidad con la que el eco es reflejado se traduce en una intensidad de brillantez en la imagen. Esto permite distinguir distintos tejidos según su composición molecular y posición anatómica.

## 2. LA ONDA SONORA

El sonido es una onda elástica de presión que necesita un medio, ya sea líquido, sólido o gaseoso, por el cual propagarse. La onda sonora se caracteriza según dos variables: frecuencia y amplitud. (52-56)

### 2.1. Frecuencia:

La frecuencia del sonido son los números de ciclos por unidad de tiempo, es decir, la velocidad de la vibración. Según el Sistema Internacional, la frecuencia se mide en Hertzio (Hz) que equivale a 1 ciclo/segundo. El sonido audible para el oído humano se encuentra entre los 15-20 y los 20.000 Hz. En el ámbito de la ecografía se utilizan frecuencias muy altas que son imperceptibles por el oído humano, utilizando la unidad del MegaHertzio (MHz).

$$1.000.000 \text{ ciclos / seg.} = 1.000.000 \text{ Hz} = 1 \text{ MHz}$$

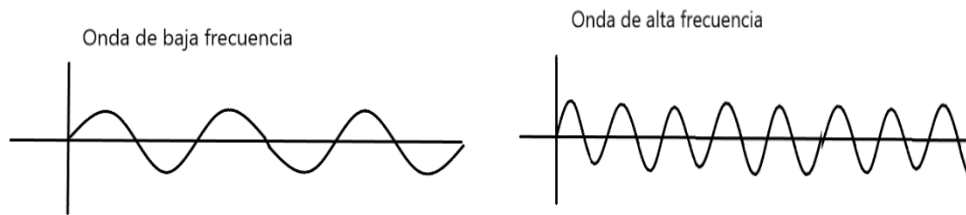


Ilustración 8: Representación de la onda de baja frecuencia (primera imagen) y de alta frecuencia (segunda imagen). Elaboración propia.

## 2.2. Amplitud:

Se define como la intensidad del sonido o potencia acústica, pudiendo clasificarlo en una escala de fuerte a débil (volumen del sonido). A mayor amplitud de onda, mayor potencia acústica y por lo tanto mayor cantidad de energía que genera. Una gran energía puede dañar estructuras moleculares, por lo que en general en los ecógrafos la intensidad empleada no se puede modificar, estando prefijada entre 10 a 50 miliWattios/cm<sup>2</sup>.

La ecografía, por lo tanto, emplea ondas sonoras de alta frecuencia y baja intensidad.

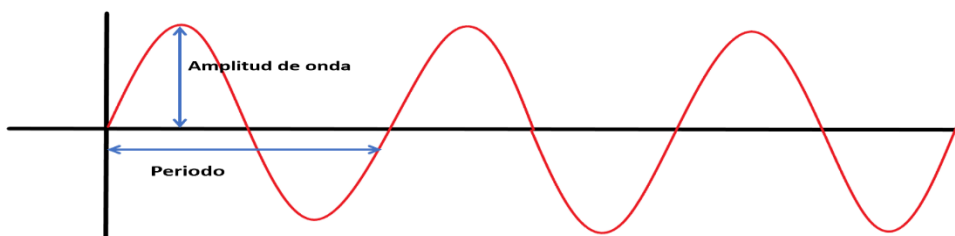


Ilustración 9: Características de una onda. Amplitud y Frecuencia. Elaboración propia.

## 3. INTERFASE E IMPEDANCIA

Estos dos conceptos son fundamentales en la reflexión de los ultrasonidos.

Los ecos son el resultado de la reflexión de las ondas sonoras al chocarse contra una superficie o barrera capaz de reflejarlos <sup>(54)</sup>. Estas barreras o superficies reflectantes se denominan **interfases**. Las interfases se encuentran entre dos tejidos contiguos con diferente impedancia acústica. A mayor diferencia de impedancia entre dos medios, mayor será la intensidad del eco reflejado. <sup>(52-56)</sup>



La **impedancia acústica** es la resistencia que pone un medio a la onda sonora, la cual depende de la composición molecular del tejido. A mayor impedancia de un tejido, menor es la energía que consigue atravesarlo. Por consenso, se establecen 4 tipos de “tejidos ecográficos”, que, ordenados de mayor a menor impedancia son: hueso, músculo, agua y aire. El aire es el medio donde la velocidad de propagación es menor, por ello, el transductor debe entrar directamente en contacto con la piel empleado un gel transductor, para así evitar el contacto con el aire.

Como se explica anteriormente en el punto 1 de esta guía, la onda reflejada es captada de nuevo por el transductor y es convertida en señal eléctrica que se traduce finalmente en una imagen ecográfica. Esta imagen refleja una escala de grises en función de la intensidad de la onda recibida. Así pues, relacionando con el anterior párrafo, según la intensidad del eco reflejado, se puede determinar la densidad del tejido según la escala de grises. <sup>(52-56)</sup>

- **Color negro** (imagen anecoica): representa tejidos sin interfases (sangre, líquido, quistes). Las ondas atraviesan fácilmente, resultando en una reflexión escasa o nula.
- **Color blanco** (imagen hiperecoica o hiperecogénica): es el resultado de la reflexión de ondas con gran intensidad. Se relaciona con los tejidos con mayor diferencia de impedancia (hueso, calcificaciones, catéter, injerto de PTFE).
- **Color gris** (imagen hipoecoica o hipoecogénicas): abarca una gama de colores bastante amplia, representando tejidos con un grado variable de reflexión (órganos y tejidos blandos) y con poca diferencia de impedancia.

#### 4. INSTRUMENTACIÓN

Toda esta parte de la guía se ha realizado en referencia al Ecógrafo portátil de la Unidad de Hemodiálisis del Complejo Hospitalario de Navarra, Sonosite M-Turbo®. <sup>(57)</sup> (Ver ilustración 10)

##### 4.1. Transductor o sonda

El traductor, o también llamado sonda, es el dispositivo emisor de ondas ultrasónicas y el receptor de los ecos que retornar por el reflejo de estos ultrasonidos en su paso por las distintas interfases <sup>(53,54)</sup>. De forma general, podemos encontrar tres tipos de sondas que se diferencian en la forma de su cabezal, generando sondas en direcciones distintas y proporcionando imágenes ecográficas según este ángulo de proyección <sup>(53,54,56,57,58)</sup>.



Ilustración 10: Sonosite M - Turbo.

- **Sectorial:** proporciona imagen triangular, en forma de abanico. Indicada para exploraciones cardiacas y abdominales (permite abordaje intercostal)
- **Lineal:** proporciona imagen rectangular. Indicada para exámenes de músculos, tendones, mama, tiroides, escroto y vasos sanguíneos. Es la sonda que se utiliza para la valoración de fístulas arteriovenosas.
- **Convex:** imagen trapezoidal. Utilizada en estudios abdominales o ginecológicos.



Ilustración 11: tipos de sondas ecográficas. Fuente: [www.sonosite.com/productos/transductores](http://www.sonosite.com/productos/transductores)

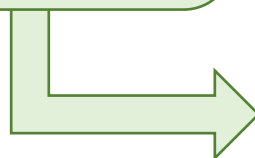
#### 4.2. Tipos de exámenes:

El transductor seleccionado determina los tipos de exámenes disponibles, los modos de imágenes y los ajustes predeterminados.

Para modificar los **modos de exámenes** en el ecógrafo Sonosite M – Turbo pulse la tecla “**EXAM**” y seleccione la opción que desee en el menú (Abd = abdomen, Bre = mama, Crd = cardiológico, Gyn = ginecología, IMT = grosor medio de la íntima, Msk = musculoesquelético, Neo = neonatal, Nrv = nervio, OB = obstétrico, Oph = oftámico, Orb = orbital, Sup = superficial, TCD = Doppler transcraneal, Vas = vascular, Ven = venoso, Pros = próstata). <sup>(57)</sup>

Según el examen que queremos realizar elegiremos la sonda que mejor se adecúe.

Para **activar** el transductor pulsaremos el botón situado encima del puerto de conexión de la sonda. Presionaremos hasta que se encienda una luz verde.



### 4.3. Ángulo de insonación y orientación de la sonda

Independientemente del tipo de sonda que se utilice, para cualquier examen ecográfico es primordial colocar el transductor con un **ángulo de insonación** entre  $45^\circ - 60^\circ$  y en la **orientación adecuada**.

El ángulo de insonación <sup>(59)</sup> es el ángulo que se forma entre el haz del ultrasonido y la estructura vascular. Este concepto es importante en el modo Doppler Color, puesto que si este ángulo es incorrecto ( $90^\circ$ ) no se detecta cambio de flujo por lo que puede resultar una falsa ausencia de flujo. Para que sea correcto deberá resultar un ángulo entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$ . <sup>(59)</sup>

Para conocer la posición correcta del transductor, la teoría más purista dice que un experto con la imagen resultante debe saber si el transductor está colocado en la orientación correcta. No obstante, debido a la gran importancia que tiene este aspecto en la punción eco - guiada y en la recolocación de la aguja, se ofrece un sencillo truco: el método más simple es, tras aplicar una pequeña cantidad de gel en el transductor, presionar un extremo y comprobar en la pantalla ecográfica si se modifica el mismo lado que hemos presionado. Por ejemplo, si presionamos el lado derecho de la sonda, deberemos observar que en la imagen ecográfica varía la parte de la imagen derecha en caso de que el transductor esté bien posicionado; si no es así, deberemos rotar el cabezal de la sonda.

## 5. MODOS

Existen varios modos de ecografía, pero nos centraremos en los dos modos más utilizados para la valoración de fístulas arteriovenosas. <sup>(52)</sup>

### 5.1. Modo B o bidimensional (2D).

Es el modo de representar una imagen ecográfica más común. Se basa en la representación de los ecos reflejados según su intensidad.

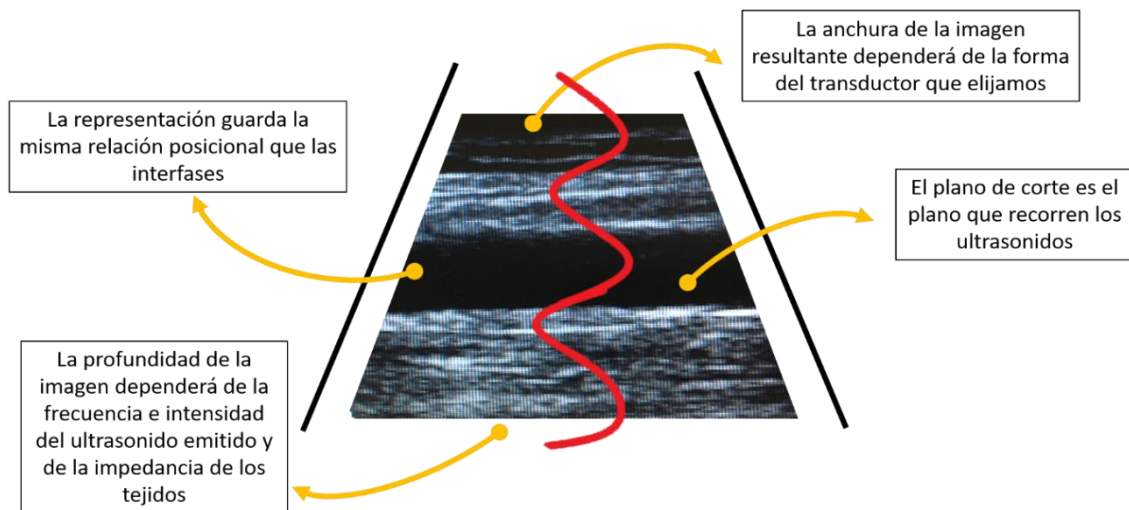


Ilustración 12: Esquema con conceptos sobre el Modo B. Elaboración propia.

## 5.2. Modo Eco – Doppler (52-57)

Este modo se basa en el fenómeno que surge cuando una onda sonora es reflejada por una interfase en movimiento. Cuando esto ocurre, la frecuencia del eco reflejado (frecuencia reflejada) es distinta a la frecuencia de la sonda primaria (frecuencia emitida).

Basándonos en este efecto, en el terreno de las fístulas arteriovenosas, podemos conocer utilizar el modo Eco – Doppler para conocer las características del flujo. En este caso, los eritrocitos de la sangre se comportan como interfases reflectantes móviles. Estas ondas sónicas reflejadas pueden representarse en un gráfico según su velocidad (Doppler espectral) o en un código de color (Doppler color).

Para que se produzca el efecto Doppler, el ángulo formado entre el haz del ultrasonido y el vaso deberá ser entre  $45^{\circ}$  y  $60^{\circ}$ . A este ángulo se le denomina **ángulo de insonación**. Si el ángulo de insonación es de  $90^{\circ}$  no se verá señal Doppler (tanto en modo Doppler color como en Doppler espectral). Depende exclusivamente de la posición del transductor.

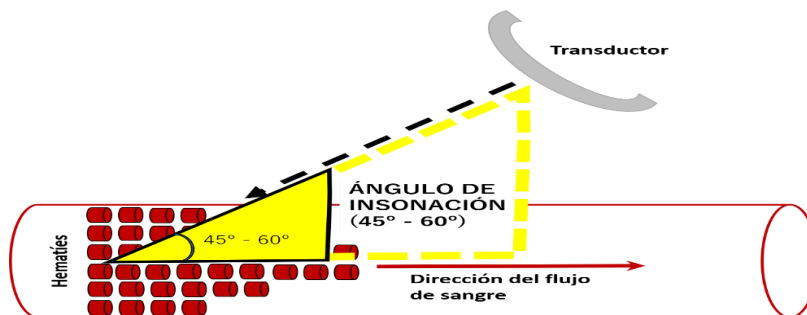


Ilustración 13: Representación del ángulo de insonación. Elaboración propia.

Recuerda: Si los eritrocitos se acercan → Valor positivo

Si los eritrocitos se alejan → Valor negativo

**Ángulo de insonación entre 45° y 60°**

### 5.2.1. Doppler espectral

En este modo, se muestran los cambios de velocidad de los eritrocitos respecto al tiempo en las distintas partes del vaso.

Los eritrocitos de la parte central del vaso fluyen a una mayor velocidad que los eritrocitos que están tocando la pared.

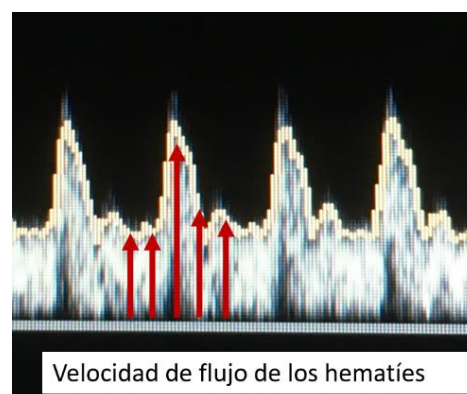
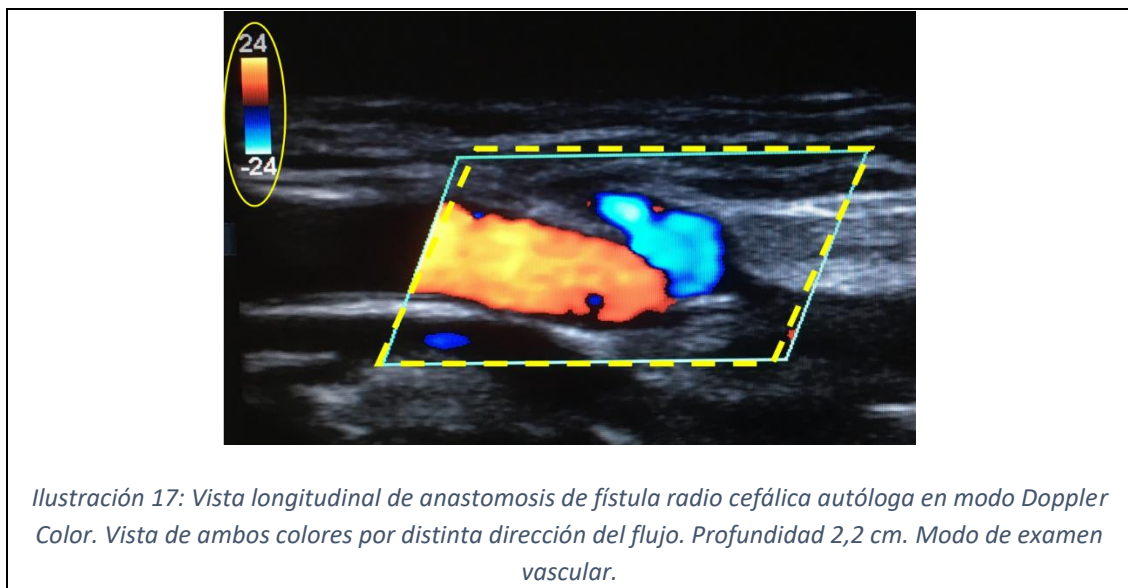
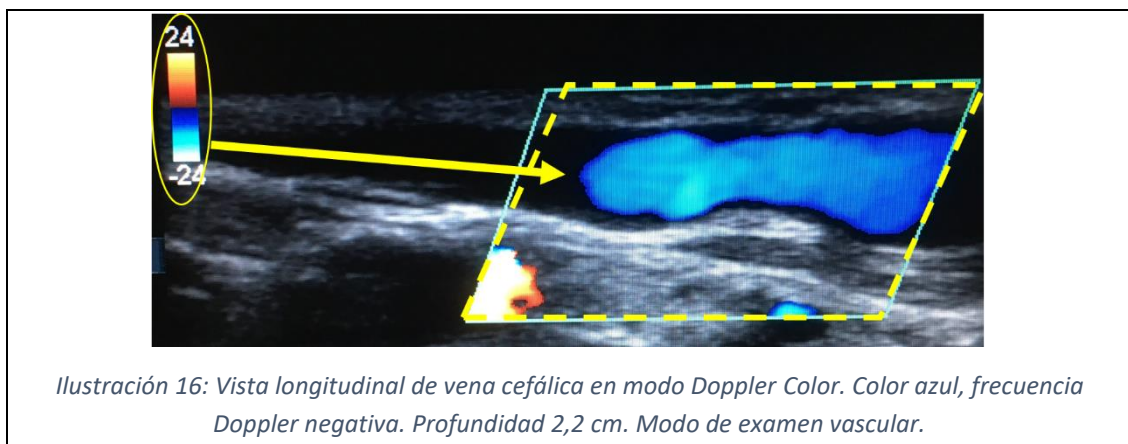
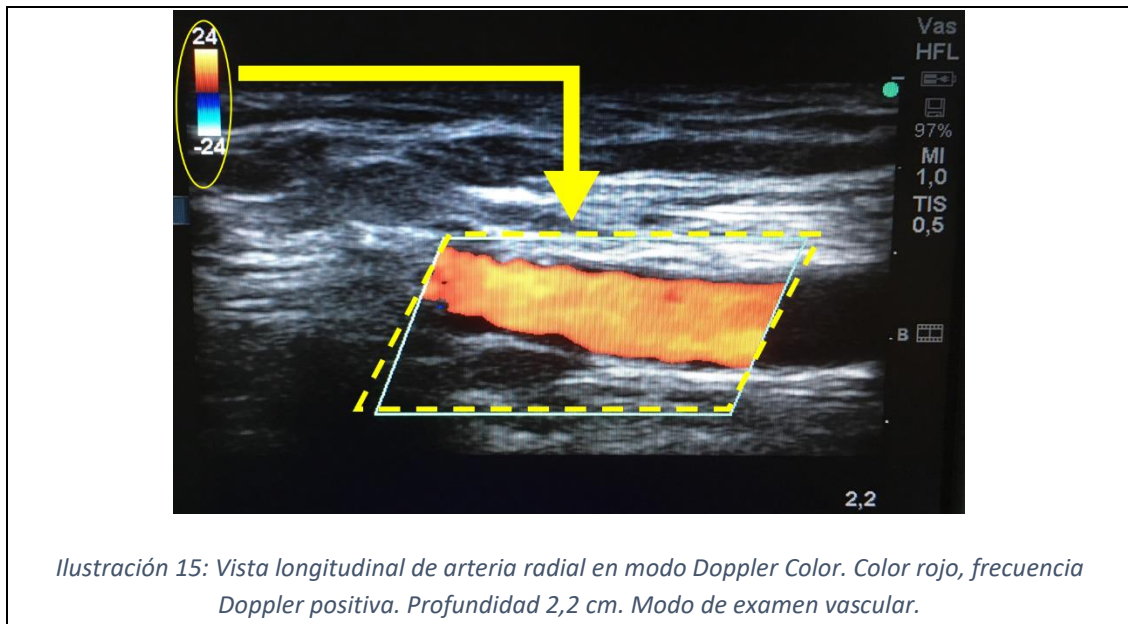


Ilustración 14: Representación velocidad de los hematíes en un Doppler espectral. Elaboración propia.

### 5.2.2. Doppler color

En el modo Doppler color, se analizan un alto número de cortes ecográficos, lo que permite generar una imagen bidimensional de la distribución, velocidad y dirección del flujo. Se asignan dos gamas de colores según el flujo se aleje o se acerque al transductor (Ilustración 15,16 y 17). Por lo general, el color rojo se relaciona con el flujo que se acerca al transductor, frecuencia del Doppler positiva y, el color azul, con el flujo se aleja, frecuencia de Doppler negativa.





## 6. AJUSTES BÁSICOS DEL ECÓGRAFO

Conocer la botonología del ecógrafo (Anexo 3)<sup>(57)</sup> es fundamental para poder obtener imágenes de calidad. Los botones que manejaremos serán los suficientes y necesarios para las funciones que queremos realizar. Debemos conocer y saber ajustar diversos parámetros según el modo que utilicemos.<sup>(52)</sup>

### 6.1. Frecuencia, resolución y penetración

Hasta ahora hemos comprendido que la capacidad de alcance depende de la intensidad de la onda primaria y la resistencia que impongan los tejidos. La intensidad del sonido aplicado no es modificable por riesgo de lesión de los tejidos por el fenómeno vibratorio y, la impedancia que opone el medio también es un factor que no es modificable<sup>(52,53)</sup>. Sin embargo, para poder llegar a modificar el alcance de una ecografía, sí que podemos modificar la **frecuencia** de la onda.

Las ondas de alta frecuencia sufren una mayor atenuación de su energía por su paso por los distintos tejidos, por lo que los ecos de las interfases más profundas son débiles e insuficientes. Por el contrario, una onda de baja frecuencia penetra más fácilmente en los tejidos y sufre una menor atenuación de su energía, sin embargo, se obtiene una imagen de menor **resolución**.

La resolución o definición de una imagen ecográfica se entiende como la capacidad de distinguir dos interfases juntas como ecos diferentes. Se habla de dos tipos de resolución axial, determinada por la frecuencia de onda, y resolución lateral, determinada por la anchura del haz.

Alta frecuencia ⇒ mayor resolución ⇒ mayor atenuación de la onda ⇒  
indicado en estudios superficiales

Baja frecuencia ⇒ menor resolución ⇒ menor atenuación de la onda mayor  
penetración ⇒ indicado en estudios profundos.



Cada transductor utiliza un tipo de frecuencia de onda concreto. Por ello, el tipo de sonda va acompañado del tipo de examen que se quiere realizar. Para el estudio del acceso vascular que no se requiere mucha penetración, por lo que se utilizarán frecuencias más altas (recomendablemente superior a 12 MHz). Sin embargo, en estudios en los que se requiera mayor penetración, como por ejemplo en los abdominales, se utilizará una frecuencia menor (entre 5 -10 MHz).<sup>(52)</sup>

① Control de botones:

*OPTIMIZE* (Optimizar): ofrece ajustar los siguientes parámetros:

*RES* (resolución): ofrece la mejor resolución automática

*PEN* (penetración): ofrece la mejor resolución automática

*GEN*: proporciona un ajuste equilibrado entre la resolución y penetración

## 6.2. Potencia acústica:

Hace referencia a la intensidad de la onda emitida, es decir, a la amplitud de la onda. Esta variable, en la mayoría de los ecógrafos, no es modificable para así limitar el daño que puede generar una onda de alta amplitud en los tejidos debido a los fenómenos de contracción-distensión.

## 6.3. Profundidad

La profundidad es un parámetro que nos permite controlar la distancia que queremos observar en pantalla. Su ajuste nos permite optimizar la presentación en pantalla de una zona de interés<sup>(52,53)</sup>.

Por ejemplo, para el estudio del diámetro de una fístula se necesita menos profundidad (+/- profundidad entre 2 – 4 cm) que para examinar la vesícula biliar (+/- 15 cm de profundidad). A menor profundidad, veremos las estructuras superficiales más grandes. Este concepto tiene relación con la sonda que se elija. Para un estudio que necesite poca profundidad se utilizarán sondas de alta frecuencia y viceversa en el caso de un examen que requiera mayor profundidad.

① Control de botones:

*UP DEPTH* (profundidad arriba) disminuye la profundidad

*DOWN DEPTH* (profundidad abajo) aumenta la profundidad

Recuerda: A mayor frecuencia, menor penetración. Y viceversa.




#### 6.4. Ganancia (GAIN):

La ganancia de la ecografía se relaciona con la cantidad de ecos que recibe la sonda. Es un ajuste que permite el ecógrafo en casos en los que la onda reflejada es de poca energía. Por ejemplo, en pacientes obesos, el tejido adiposo absorbe gran cantidad de energía, comportándose como un aislante sonoro. Esto hace que la onda que consigue atravesar el pániculo adiposo lo haga con poca intensidad, reflejando un eco débil. En estos casos, el ecógrafo amplifica artificialmente estos ecos, añadiendo decibelios a las ondas reflejadas. Así, se consiguen imágenes más nítidas sin aumentar la potencia de la onda primaria. <sup>(53-59)</sup>

① Si la ganancia es demasiado baja, pueden no visualizarse flujos reales; si la ganancia es demasiado alta puede pasar desapercibido un trombo.

① Control de botones:

*AUTO GAIN* (ganancia automática) establece automáticamente la ganancia que determina adecuada el dispositivo

Para ajustar la ganancia manualmente en modo 2D debe ajustarlo con las ruletas de la parte izquierda (  y  ). Si quiere ajustarlo manualmente en el modo Doppler deberá rotar la ruleta con el símbolo  .

#### 6.5. Rango dinámico

El rango dinámico determina la amplitud de la escala de grises. Como hemos visto, en el modo B cada pixel representa la amplitud de la onda reflejada por una interfase.

Por lo tanto, si se disminuye este rango de valores, se disminuye el registro de los ecos más débiles, resultando en una imagen más contrastada. Por otro lado, si aumentamos el RD, se suavizará la escala de grises.

En exámenes vasculares utilizaremos un RD en valores medios.

① Control de botones:

*DYNAMIC RANGE* (rango dinámico) los valores posibles son -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3.

Los valores negativos muestran imágenes con mayor contraste (reduce el número de grises representados) y los valores positivos aumentan el rango de grises, dando imágenes de menor contraste.

Solo Doppler

## 6.6. PRF (Frecuencia de repetición de pulsos)

Hace referencia a la capacidad de emisión y recepción de pulsos por unidad de tiempo y está determinado por la profundidad de la zona de estudio.

Por ejemplo, en el modo Doppler Pulsado, el PRF debe ser bajo ya que debe dar tiempo a que el transductor reciba el pulso emitido anteriormente antes de emitir el siguiente. De la misma manera, en un estudio de zonas más profundas, el PRF deberá ser bajo ya que el pulso tarda más en retornar al transductor. <sup>(56,59)</sup>

**ALIASING:** en referencia al estudio vascular, es importante destacar que, si el flujo estudiado en modo Doppler supera la velocidad máxima que es capaz de captar, se produce el efecto "*aliasing*". <sup>(52,56,59)</sup>

Aliasing: en el modo color se observa un pixelado heterogéneo y en el modo espectral resultará de una onda difuminada.

Para reducir el *aliasing* se deberá corregir la escala PRF. Si el flujo es bajo, disminuirémos el PRF y, si es alto, lo aumentaremos.

① Control de botones:

**PRF** (frecuencia de repetición de pulsos) permite ajustarlo en: *Low* (bajo), *Med* (medio) y *High* (alto).

Solo Doppler

### 6.7. Modificación de la línea base

Este parámetro es ajustable en el modo Doppler (tanto en el Doppler color como en el Doppler espectral).

Para entenderlo vamos a verlo con un ejemplo de modificación de la línea base en el Doppler Color. Si disminuimos la línea base, potenciamos el flujo anterógrado, es decir, el rango de velocidades detectadas en dirección al transductor será mayor (se detectarán más), por lo que reducirá el *aliasing* producido por un flujo demasiado alto. En el Doppler espectral también se debe de cambiar la línea base para evitar el *aliasing* que pueda provocar el flujo anterógrado <sup>(59)</sup>.

Si no podemos modificar más el PRF, modificaremos la línea de base para evitar el *aliasing*.

## 7. UTILIZACIÓN DEL ECÓGRAFO

Para poder valorar el estado de una fístula o realizar una punción eco guiada con el ecógrafo, son necesarios unos conocimientos básicos de la ecografía y familiarizarse con las principales funciones que ofrece adaptándolas a nuestro campo de estudio. Para ello, todos los puntos anteriores son necesarios comprender, interiorizar y aplicar.

Como ha sido defendido anteriormente, la valoración de la fístula con el ecógrafo por parte de enfermería va acompañado a la necesidad de identificar zonas adecuadas para la correcta canalización de las agujas y detectar partes disfuncionales que puedan comprometer el estado de la fístula.

La valoración con un buen examen físico (inspección, palpación y auscultación) puede complementarse con un examen ecográfico. Esta valoración complementaria de enfermería por medio de la ecografía debe basarse en **dos** principios:

- Estudio morfológico de la fístula en modo B. Se debe examinar en escala de grises en los planos longitudinal y transversal, comenzando siempre de la parte distal de la extremidad a la proximal para poder valorar todo el recorrido natural del flujo sanguíneo. El fin es localizar la arteria que forma parte de la anastomosis para así valorar siempre la fístula en este orden: <sup>(6)</sup>

Trayecto arterial → Zona de anastomosis → Trayecto venoso

En esta valoración morfológica, entra el estudio del trayecto, posibles bifurcaciones, detección de vasos colaterales, medición del diámetro.

El examen morfológico en modo B engloba el estudio de:

1. Diámetro de la pared vascular
2. Presencia de hematomas, fibrosis, edema, calcificaciones, aneurismas y pseudoaneurismas
3. Detección de estenosis morfológicas o venas de calibre reducido
4. Venas colaterales
5. Tortuosidad de los vasos
6. Presencia de trombosis

- Estudio hemodinámico: valoración del flujo por medio del efecto Doppler. En este punto entra la valoración del flujo, su dirección y su velocidad <sup>(8,12)</sup>.

El estudio en modo Doppler, tanto en modo Doppler color como en Doppler espectral confirman los hallazgos encontrados en el examen en modo B además de aportar datos hemodinámicos.

### 7.1. Punción eco guiada

En la realización de la punción eco guiada se debe cumplir siempre los métodos de asepsia. Sería un sinsentido utilizar la ecografía como método de ayuda fácil, seguro e inocuo para el paciente si a la vez no cumplimos normas de asepsia. Por ello, es conveniente utilizar un método de barrera que aisle totalmente tanto la sonda como el cable, además de utilizar un gel estéril (en el exterior de la funda). En cuanto a las medidas asépticas para la punción se deben seguir las mismas pautas que en una punción de fístula arteriovenosa sin ecografía <sup>(1,6)</sup>.

En el examen ecográfico es importante distinguir en modo 2D un vaso arterial de un vaso venoso. En ocasiones, esto puede resultar difícil por la anatomía propia del paciente, inexperiencia del explorador o las condiciones del estudio. Para facilitar la distinción nos basaremos en tres preguntas clave relacionadas con la propia anatomía de cada vaso: compresión, latido y válvulas.

Como es sabido, los vasos sanguíneos están formados por tres capas de tejido: íntima (endotelial), media (muscular) y externa (adventicia). Dentro de las diferencias histológicas, destaca la presencia de válvulas semilunares (valvas) en los vasos venosos y una capa muscular más gruesa en las arterias. Estas diferencias nos ayudan a poder distinguir entre una arteria y una vena en modo B.

- ✓ Compresión: la capa de la vena se comprime fácilmente si presionamos con el transductor ya que la capa media es de menor grosor.
- ✓ Latido: las arterias transmiten el flujo pulsátil de la sangre por lo que en una visión ecográfica se puede apreciar el latido del vaso (solo presente en la arteria).
- ✓ Morfología: las arterias por lo general tienen una forma más circular; en el caso de las venas, se pueden observar valvas en sus paredes. Este último hallazgo solo es concluyente si está presente, es decir, si se observan valvas, definitivamente se trata de una vena, sin embargo, en el caso de no observarse no sería fiable descartar la posibilidad de tratarse de una arteria puesto que puede ser que simplemente no se aprecien. <sup>(61,63)</sup> (Tabla 3)

	ARTERIA	VENA
¿Se observa <b>latido</b> ?	SI	NO
¿Es <b>comprimible</b> ?	NO	SI
¿Se aprecian <b>valvas</b> ?	-	SI

Tabla 3: Diferenciación entre arteria y vena con ecografía. Elaboración propia.

Para la punción eco guiada, el modo 2D es suficiente para proporcionar información morfológica de la vena. Tanto el plan transversal como el longitudinal son aptos para el procedimiento (ver tabla 4). Cuando la aguja es insertada, se observa de modo ecogénico seguida de una sombra acústica <sup>(60,61,63)</sup>.

Debemos insertar la aguja de modo que finalmente veamos que está en el interior del vaso. Es importante, como hemos mencionado anteriormente, que la sonda esté colocada de forma que el lado derecho de la pantalla corresponda con la zona derecha nuestra y del cabezal de la sonda <sup>(60)</sup>.

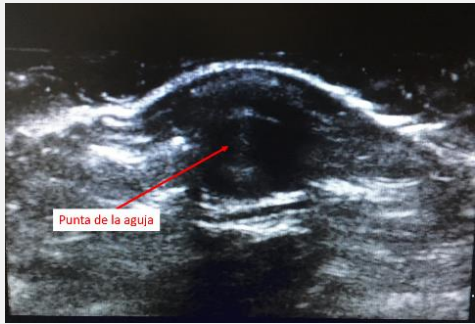

TRANSVERSAL	LONGITUDINAL
<p>Aguja perpendicular al campo de visión del ecógrafo.</p> <p><b>Ventaja:</b> permite la observación de estructuras adyacentes por lo que es más evidente cuando la aguja es puncionada de forma incorrecta, permitiendo una recolocación más fácil.</p> <p><b>Inconveniente:</b> la aguja solo es detectada cuando pasa el campo de visión.</p> 	<p><b>Ventaja:</b> la aguja estará siempre en el campo de visión.</p> <p><b>Inconveniente:</b> para el observador principiante puede resultar difícil mantener el transductor firme en el momento de la punción. No se observan las estructuras circundantes por lo que no se detecta tan rápidamente la colocación errónea de la aguja.</p> 

Tabla 4: Diferencias en la utilización transversal o longitudinal en la punción eco guiada.

**Pasos para la punción:** (58,61,63)

1. Prepare al paciente en posición cómoda, con brazo extendido en 45 grados preferiblemente. Ajuste el compresor y esterilice el área según protocolo de la Unidad.
2. Aplique la funda estéril ecográfica y el gel transductor.
3. Evalúe morfológicamente el mapa vascular del paciente con el ecógrafo en Modo B.
4. Determine el sitio adecuado de punción y el sitio de entrada de la aguja.
5. Posicione el transductor en relación a la zona (transversal o longitudinal dependerá de preferencias del observador)
6. Aplique la presión necesaria para observar la estructura vascular sin comprimir el vaso.

Una presión excesiva comprimirá el vaso y no será fiable la medición del diámetro.

7. Asegúrese de la correcta orientación de la sonda ecográfica
8. Inserte la aguja en dirección al vaso en un ángulo adecuado a la profundidad y situación anatómica.
  - a. Posición longitudinal: si el transductor está correctamente posicionado a lo largo del vaso, se deberá visualizar la aguja en todo su recorrido
  - b. Posición transversal: si una vez introducida la aguja no la visualizamos en la pantalla significa que puede estar desviada hacia un lateral. En este caso, no se deberá introducir más la aguja, sino que deberá ser ligeramente retirada y redireccionada.
9. Una vez visualizada la aguja de forma correcta en el vaso se deberá mantener la aguja en el plano y comprobar su correcto funcionamiento (si refluye, no causa dolor, etc.)



10. Tapar con apósitos estériles de forma segura para garantizar una sesión de diálisis eficaz.

## 7.2. Valoración del flujo con Doppler Color

Para realizar un adecuado estudio y valorar el flujo de una fístula con el modo Doppler color debemos considerar: <sup>(64,65)</sup>

- Ganancia de color ajustada adecuadamente.
- Ventana de color lo más estrecha posible.
- Angulo de incidencia (**ángulo de insonancia**) correcto. Entre 30 y 60 grados.
- PRF ajustado en función de la profundidad del vaso y de la velocidad del flujo, con el fin de reducir el *aliasing* que se puede originar.
- Ajustar línea de base de la escala de color si es necesario.

① Control de botones:

- **COLOR**: activa y desactiva el modo Doppler Color.
- **SELECT**: modifica el tamaño y la posición de la ventana de color.

## 7.3. Valoración de la maduración

Conocer el estado de maduración en una fístula antes de realizar la punción es fundamental para prevenir y evitar la aparición de complicaciones. La exploración ecográfica, junto con el examen físico, se establecen como técnicas útiles para determinar la maduración <sup>(1,6,52,38,64,65)</sup>.

La guía de la National Kidney Foundation (NKF KDOQI 2012) ha introducido la regla de los 6s<sup>4</sup> para poder determinar el estado de maduración de una fístula autóloga mediante una **ecografía Doppler** <sup>(1,30,60)</sup>.

---

<sup>4</sup> El flujo igual o mayor de 600 ml/min de la arteria humeral.

La regla de los 6s:

- El flujo debe ser igual o mayor a 600 ml/min
- El diámetro de la vena debe ser mayor de 6mm
- El vaso debe estar a menos de 6 mm de la superficie de la piel

Sin embargo, en la práctica clínica habitual se han establecido como margen de maduración un valor de 4mm de diámetro y 500 ml/min.

De cualquier forma, para poder valorar los tres parámetros se deberá calcular el flujo, medir el diámetro del vaso y medir la distancia de éste hasta la superficie de la piel.

### 7.3.1. Cálculo del flujo

Actualmente, la determinación del flujo se puede realizar con métodos dilucionales que ofrecen las máquinas de diálisis basadas en la ultrasonografía dilucional, o con la ecografía Doppler (ED) <sup>(66)</sup>. Ambos métodos han demostrado su utilidad en la medición del flujo. La ventaja que puede aportar la ecografía es la posibilidad de realizar un estudio morfológico y realizar una punción eco – guiada <sup>(1,6,52,66)</sup>.

En la medición del flujo mediante ED se debe realizar fuera de la sesión de diálisis, aunque, en el caso de que la diálisis se realice a través de un catéter venoso central, se puede realizar únicamente durante la primera hora de sesión (así evitaremos el sesgo de la depleción de volumen) <sup>(1,6,52,64,66)</sup>.

En las FAV naturales la medición de flujo se recomienda realizarla en la arteria braquial, mientras que en las FAVp se puede realizar en cualquier zona del injerto <sup>(1,6,52,66)</sup>.

Para realización una adecuada medición del flujo de la arterial debemos ajustar bien varios factores:

- Ganancia de color ajustada
- Ventana Doppler adecuada al tamaño de la muestra (se recomienda utilizar la ventana del menor tamaño posible)
- Volumen de la muestra centrado en la imagen y en dirección al flujo laminar.

- Ángulo de insonación entre  $45^\circ - 60^\circ$
- Ángulo Doppler corregido

Ángulo de insonación	Ángulo Doppler
Es el ángulo formado entre el haz del ultrasonido y el vaso.	Se aplica únicamente al Doppler espectral en la medición de flujo e influye directamente en la onda de análisis espectral.
Depende exclusivamente de la posición del transductor.	
El ángulo formado debe ser de unos $45^\circ - 60^\circ$ con el haz de ultrasonidos.	Por defecto se asigna $0^\circ$ y debe ser corregido para resultar entre $30^\circ - 60^\circ$
Si el ángulo de insonación es de $90^\circ$ no se verá señal Doppler (tanto en modo Doppler color como en Doppler espectral)	Ángulo Doppler menor a lo real (sobre corrección) conlleva a medición del flujo menor a la real.  Y viceversa, una infra corrección (mayor ángulo) conlleva a una medición del flujo mayor a la real.

Tabla 5: Diferencia entre el ángulo de insonación y en ángulo Doppler. Elaboración propia. Fuente: Rubio et al. <sup>(67)</sup>

Los pasos para realizar una medición de flujo se detallan aquí:

- 1) En modo 2D realizamos una búsqueda en dirección distal – proximal con el transductor en posición longitudinal con el propósito de localizar la arteria humeral.
- 2) Presionamos el botón “**Doppler**”. Aparecerá una línea blanca con dos barras paralelas. Estas dos líneas representan la cantidad de la muestra que queremos analizar para la medición del flujo. Este volumen de muestra puede modificarse según la necesidad. Para la medición de flujo el tamaño de muestra deberá ensancharse para abordar toda la amplitud del vaso. Por lo tanto, deberemos ajustarla según la amplitud y dirección del flujo del vaso. (Ilustración 18)

En este punto deberemos corregir el ángulo Doppler para que la medida del flujo sea fiable.

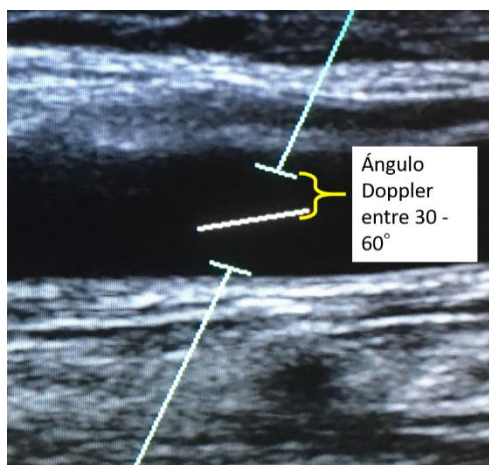


Ilustración 18: Línea Doppler centrada y angulada en dirección del vaso. Ángulo Doppler adecuado.

- 3) Presionamos de nuevo el botón **“Doppler”**. En este momento aparecerán las ondas de flujo. Debemos ajustar la línea base, seleccionando bien la altura e invirtiendo si es necesario. (Ilustración 19)

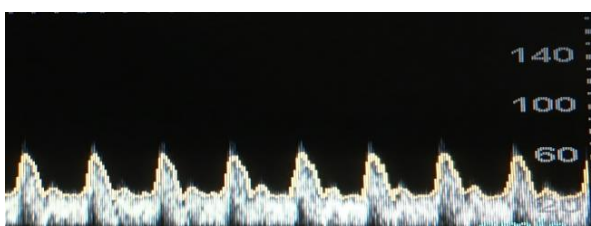


Ilustración 19: Ondas en Doppler espectral.

- 4) Clicamos el botón **“Calcular”** y se quedará la imagen congelada.
- 5) A la izquierda de la pantalla aparecerá un cuadro de opciones. Elegimos la pestaña de **“Volumen flujo”**.
- 6) Tras seleccionar la pestaña nos aparecerá: D (diámetro) y PTP (tiempo máximo promedio) (Ilustración 20)

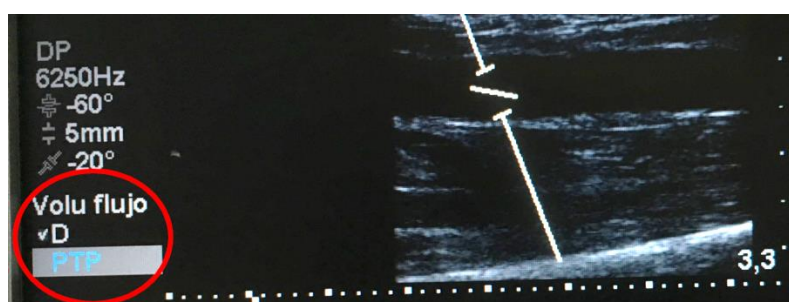


Ilustración 20: Ubicación de las opciones D (diámetro) y PTP (tiempo máximo promedio)

- a. Elegimos “**D**” (diámetro) y eliminamos la medición anterior. Tras eliminar los datos clicamos en “seleccionar” y medimos el diámetro del vaso (ver punto 7.3.2 de esta guía). Medimos y guardamos.
  - b. Elegimos ahora la opción de PTP y damos a “**Seleccionar**”. Con el recuadro táctil del control de mandos elegimos tres ondas completas y fijamos.
- 7) Finalmente, nos aparecerá en la parte inferior de la pantalla el diámetro del vaso, el tiempo máximo promedio y el volumen del flujo en ml/min. (Ilustración 21)



Ilustración 21: Resultado de cálculo de flujo en la arteria braquial. (Flujo: 467 ml/min; Diámetro de 0.52 cm; PTP: 36,7 cm/s)

### 7.3.2. Medición de diámetros

La medición del diámetro se realizará en modo B, evitando el color por el riesgo de sobredimensionar la medición <sup>(52)</sup>. Para realizar una medición se deben seguir estos pasos:

- 1) En una imagen en modo B congelada pulse la tecla “**caliper**” (calibrador). En ese momento aparecerá una línea discontinua con dos cruces en sus extremos.
- 2) Con la almohadilla táctil puede mover la cruz de un extremo hasta el punto donde quiere comenzar la medición. Cuando el primer calibrador esté posicionado sobre el punto que desea pulse “**seleccionar**”.
- 3) Se activará el segundo calibrador. De nuevo, utilice la almohadilla táctil para situarlo y llévelo hasta donde quiera medir.
- 4) En la parte inferior de la pantalla aparecerá el resultado de la medición.

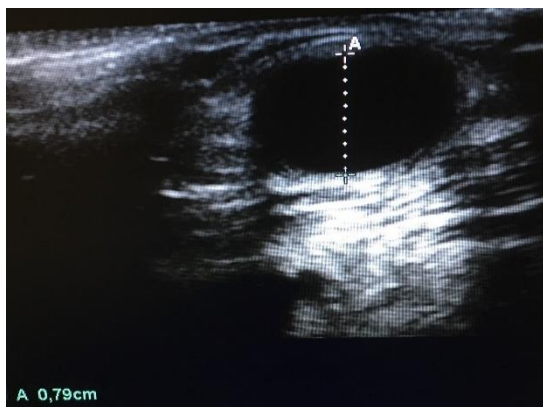


Ilustración 16: Medición del diámetro del vaso. Vista transversal. Modo B. (0,79 cm).



Ilustración 17: Medición de la distancia del vaso en relación con la superficie para punción eco dirigida. Vista transversal. Modo B. (0,47 cm)

#### 7.4. Valoración de complicaciones

Se ofrecen unas pautas y unas imágenes de referencia para la detección de complicaciones.

##### 7.4.1. Trombosis (FAV/ Goretex)

La ecografía, y en especial el modo Doppler color, es el mejor método no invasivo para la detección de trombosis en fístulas e injertos.

La detección ecográfica de trombosis se basa en la ausencia de flujo en modo Doppler color, apreciándose zonas sin color. En el modo B, se puede observar el trombo de diferentes ecogenicidades según su evolución <sup>(65)</sup>. (Ilustración 22)

Además, otro signo de alarma es la incompresibilidad del vaso trombosado, aunque este signo es poco fiable en el caso de las fístulas arteriovenosas <sup>(65)</sup>.



Ilustración 22: Trombo en la parte superior del vaso (zona hiperecogénica) no apta para la punción. Fuente: Ibéas López. <sup>(52)</sup>

### 7.4.2. Estenosis

Son la causa fundamental de disfunción de las FAV. Se considera estenosis a la reducción de la luz vascular mayor a un 50% independientemente el sector de la estenosis (1,6,27,35,64,65,49).

La estenosis puede ser precoz, si se produce tras la cirugía, o tardía, si se produce tres meses después de su creación.

En el caso de detectarse una estenosis, se medirá el porcentaje que representa sobre la luz normal. Para el cálculo de la estenosis se compara el diámetro mínimo con el diámetro normal del segmento próximo de la fístula:

$$\% \text{ estenosis} = \frac{a-b}{a} \times 100$$

Siendo  $a = \varphi$  original de la FAV y  $b = \varphi$  luz residual.

Esta medición no es tan fácil en FAVn debido a la frecuente formación de dilataciones pre y post estenosis.

Otra forma de poder detectar una estenosis es mediante la medición de flujo en la zona pre – estenótica, así como en la estenosis y zona post - estenótica.

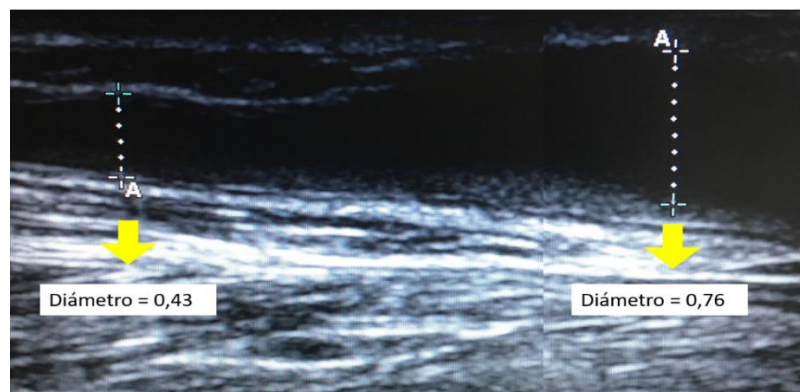


Ilustración 23: Evidencia de trayecto con estenosis (Diámetro original = 0,76cm / Diámetro residual 0,43 cm/ 76 % estenosis.

### 7.4.3. Calcificación

Se aprecian zonas más ecogénicas en las paredes del vaso debido a que las estructuras con un elevado contenido cálcico reflejan más los ecos, actuando como pantallas acústicas (59).



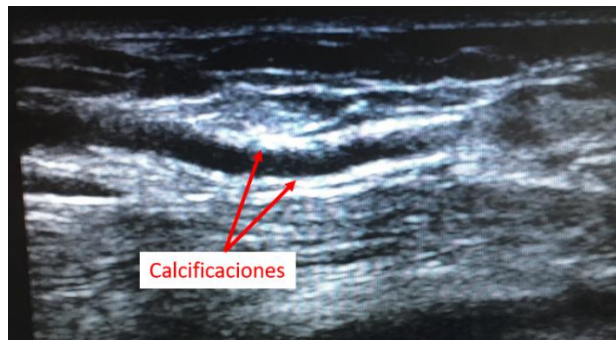


Ilustración 24: Presencia de calcificaciones (zona hiperecogénica)

#### 7.4.4. Aneurisma

El examen físico es la forma más fácil de observar un trayecto con aneurisma. La zona del vaso con aneurisma se podrá corroborar con un aumento en el diámetro de la luz del vaso en referencia a la luz inicial.

Con la ecografía se podrá medir el diámetro y longitud del aneurisma, así como la presencia de trombo intraluminal <sup>(6)</sup>.



Ilustración 26: Aneurisma venoso en fístula arteriovenosa. Fuente: Jiménez Almonacid, P. <sup>(35)</sup>

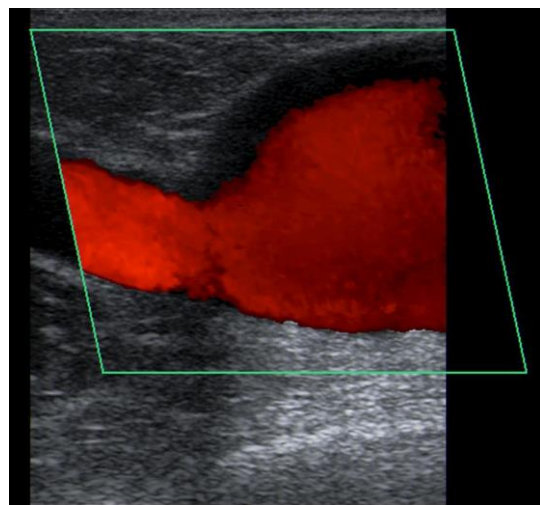


Ilustración 25: Aneurisma en modo Doppler color. Fuente: Jiménez Almonacid, P. <sup>(35)</sup>



#### 7.4.5. Pseudoaneurisma

Se visualiza en el modo Doppler color un flujo en la pared del vaso en forma de Ying – Yang a causa del flujo turbulento bidireccional. Además, siempre estará presente un canal de comunicación con el vaso.

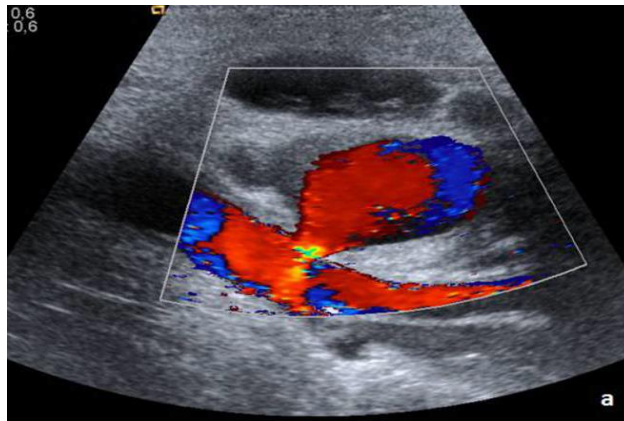


Ilustración 27: Singo del Ying - Yang en el interior del pseudoaneurisma. Fuente: Redecilla Barral et al. (68)

### 7.5. Consejos y recomendaciones para el estudio ecográfico

Siguiendo las recomendaciones que describe la Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis (2018) (6), para la exploración de una fístula arteriovenosa en el miembro superior, se recomienda:

- ✓ Colocar al paciente de cúbito con el brazo extendido en 45 grados de forma que él se encuentre en una posición cómoda y permita un fácil abordaje del acceso vascular. En caso de tratarse de un paciente con escasa movilidad, también es posible realizarlo en sedestación.
- ✓ El explorador deberá colocarse en el lado del paciente donde se encuentre la FAV en una posición cómoda que le permita manejar la sonda ecográfica y mirar la pantalla al mismo tiempo. Uno de los pasos más importantes previo a cualquier examen ecográfico es determinar la posición correcta de la sonda (ver punto 4.1 de la segunda parte de la guía).
- ✓ La valoración del flujo deberá realizarse antes del tratamiento en hemodiálisis para evitar el sesgo de depleción de volumen.
- ✓ Se deberá elegir la sonda adecuada para el examen a realizar

- ✓ Posicionar el transductor con un ángulo de insonación menor de 60°.  
(recomendado entre 45° - 60°).
- ✓ En los estudios de Doppler Color, utilizar la caja de visualización del menor tamaño posible.

## 8. ECOGRAFÍA EN EL ACCESO VASCULAR

La ecografía, del griego "eco", y grafía= "escribir", también llamada ultrasonografía o ecosonografía, es una prueba diagnóstica que ofrece gran información morfológica y funcional de las estructuras examinadas.

Inicialmente la ecografía ha sido una técnica diagnóstica desarrollada y utilizada por radiólogos, sin embargo, hoy en día, es utilizada por otras especialidades como herramienta diagnóstica (cardiología, ginecología, obstetricia, medicina de urgencias, cuidados intensivos, medicina general, familia, urología o pediatría).

En el ámbito de la nefrología, la utilización de la ecografía no está totalmente establecida en la práctica clínica como en otras especialidades, sin embargo, cada vez se están realizando estudios sobre las ventajas de su utilización y la importancia de su implantación.

Enfermería es un colectivo que aún no se ha hecho notar en el campo de la ecografía. Aun así, cada vez son más los estudios que han demostrado grandes beneficios en la utilización de la ultrasonografía por parte de enfermería, como es el caso de la valoración de fístulas arteriovenosas o en su utilización en las punciones eco guiadas (58,60,61,62,63,69,70,71,72).

### 8.1. Ventajas:

La ecografía es un método diagnóstico que aporta información in situ sobre la anatomía y funcionalidad hemodinámica de una fístula arteriovenosa. Esta información es de extremada utilidad para el personal de enfermería para poder efectuar una punción adecuada y poder detectar a tiempo complicaciones.

Esta prueba diagnóstica, además de facilitar la labor enfermera y poder garantizar una mayor supervivencia del acceso vascular, es una técnica inocua, indolora, de realización rápida y económica.

## 8.2. Desventajas:

Esta técnica, por sus principios físicos, limita su utilización en los exámenes de estructuras gaseosas u óseas. Además, es una técnica con baja especificidad para diferenciar lesiones, por ejemplo, en los tumores. Otra desventaja de esta prueba es la interpretación del explorador. Este sesgo del observador puede disminuirse con personal altamente cualificado, con conocimientos actualizados y aplicando sentido común.

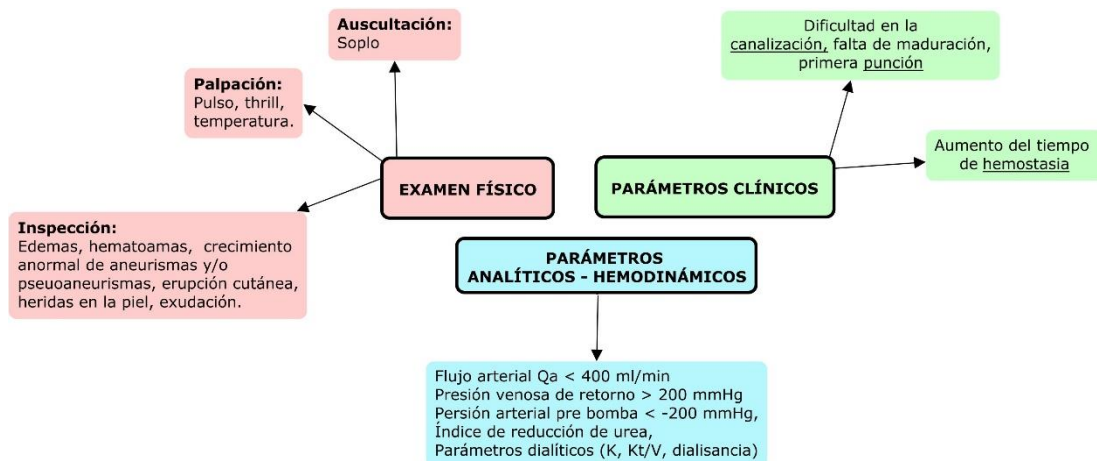


Ilustración 28: Momentos adecuados para la utilización del ecógrafo. Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

El aumento de la prevalencia de la enfermedad renal crónica y de la esperanza de vida en la población, ha repercutido en un aumento de pacientes con comorbilidades añadidas que requieren de tratamiento renal sustitutivo. Esto hace que la mantención de un AV permeable, funcional y exento de complicaciones sea un reto para el personal sanitario.

Las funciones de enfermería deben ir encaminadas a arraigar en el paciente unos autocuidados de calidad, asegurar un buen manejo de la fístula arteriovenosa y realizar una monitorización y vigilancia de calidad.

La enfermera de hemodiálisis es una enfermera especialista en el cuidado del paciente sometido a hemodiálisis. La punción de la FAV es un procedimiento que repercute en la calidad de diálisis y en la aparición de complicaciones. Enfermería tiene un gran papel en la prevención de la disfuncionalidad del acceso vascular.

Mediante el uso de la ecografía para la realización de una punción eco - guiada, la enfermera puede evitar punciones infructuosas y aumentar la supervivencia de la fístula, así como su seguridad en la práctica clínica. Además, permite la monitorización del acceso vascular, pudiendo detectar complicaciones de forma precoz.

### ***Estudios sobre el uso del ecógrafo por parte de enfermería en Hemodiálisis:***

En el ámbito nacional, se han realizado diversos estudios sobre la utilización del ecógrafo por parte de la enfermera de hemodiálisis. Siguiendo un orden cronológico, en 2012, Sánchez A et al <sup>(70)</sup>, publican un estudio en el Centro de Hemodiálisis de Salamanca en el que concluyen que la ecografía puede ser útil para valorar la maduración, el trayecto venoso puncionable y detectar de forma temprana posible disfunciones, posibilitando un tratamiento precoz. Además, tratan el aspecto psicológico del paciente y de la enfermera, concluyendo en una mayor autoconfianza de ésta y un menor estrés para el paciente.

En el 2014, esta idea también comienza a cobrar peso en Portugal, con el artículo de Sousa et al. <sup>(40)</sup> *Physical examination of arteriovenous fistula: The influence of professional experience in the detection of complications* (Oporto, 2014), donde defienden el gran papel de la enfermera en la detección de complicaciones por el hecho de ser el personal que tiene más contacto con el paciente, siendo la figura encargada de su punción cada dos días.

En el mismo año, 2014, Sánchez A et al. <sup>(69)</sup>, realizan un estudio que demuestra la utilidad del ecógrafo portátil en hemodiálisis. Complementando a la vigilancia de la FAV con el examen físico, la monitorización en modo 2D resulta de gran utilidad para la valoración de todo el trayecto de la fístula. Con su uso, enfermería mejora el registro y conocimiento del mapa vascular del paciente, pudiendo encontrar alteraciones de la FAV ocultas (venas colaterales, bifurcaciones, tramos más profundos, etc.). En las FAV de reciente creación puede valorar el estado de maduración de la fístula, registrando los cambios y hallando zonas de punción para comenzar a canalizar el acceso. Por último, posibilita la punción eco dirigida en las FAV de difícil punción, lo cual, de forma subjetiva aumenta la confianza en el personal sanitario y genera mayor confort al paciente.

En el País Vasco, Hernández J et al., <sup>(72)</sup> publican artículos defendiendo la utilización de la ecografía para el momento de la punción de la FAV dificultosa. A día de hoy, Hernández J, enfermero del Hospital Galdakao – Usansolo, Vizcaya, ha publicado diversos artículos sobre la utilización de la ecografía en las salas de hemodiálisis y, en su unidad ya es una herramienta que se utiliza diariamente por parte del personal de enfermería cualificado.

Un año después, Rueda L. et al. <sup>(62)</sup> publican este artículo del Centro de Diálisis de Málaga, en el cual se exponen los resultados tras el entrenamiento y manejo de la ecografía por parte de Enfermería como herramienta asistencial en la sala de Hemodiálisis. El personal de enfermería, tras una formación teórico práctica en la exploración ecográfica, realiza de forma rutinaria la canalización de las FAV de difícil punción mediante la punción eco dirigida, valoración del trayecto puncionable de la fístula y detección de complicaciones.

En el 2016 en Barcelona, Vinuesa et al. <sup>(70)</sup>, en el Hospital Universitari Sabadell, Barcelona, realizaron un estudio prospectivo sobre el uso del ecógrafo en la sala de hemodiálisis del Hospital Universitari Parc Taulí de Sabadell. Previo a la realización de este estudio, se realizó una formación teórica – práctica reglada a las enfermeras con un examen posterior. Una vez acreditadas, las enfermeras aptas entraron a formar parte de este estudio de un año de duración. Se realizaron 67 ecografías en 41 pacientes por parte de 6 enfermeras. El motivo más prevalente fue la dificultad en la punción (26,9%) seguido de la detección de signos de alarma de la FAV. Cabe destacar que, la realización de ecografía ante una sospecha de patología subyacente, en un 83 % fueron confirmadas y diagnosticadas posteriormente. (Ilustración 29)

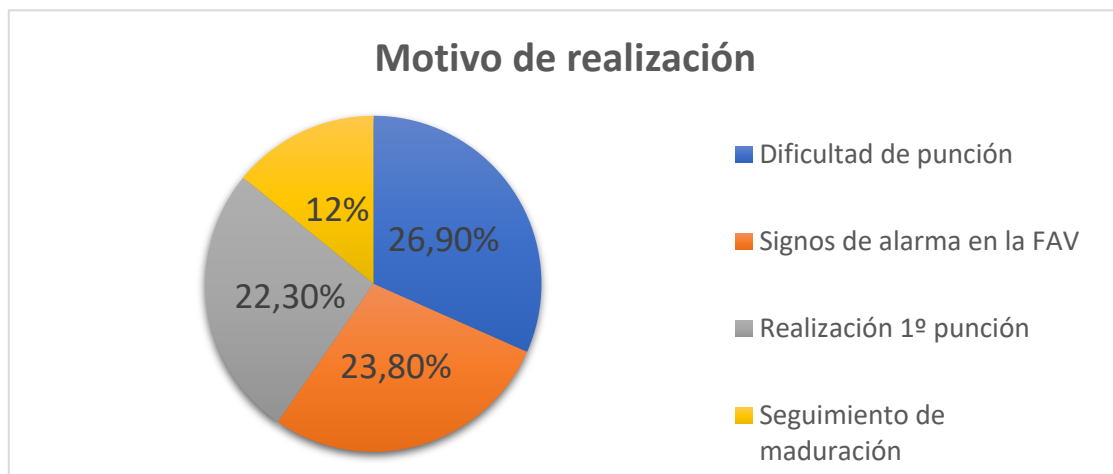


Ilustración 29: Motivos de realización de ecografía por parte de Enfermería en la sala de Hemodiálisis (Vinuesa et al.)

Un año más tarde, en el 2017, Molina P et al <sup>(88)</sup>, realizaron un estudio meramente observacional en el Hospital Universitario Infanta Leonor, Madrid, con el mismo fin: determinar los motivos por los cuales la enfermera utiliza la exploración ecográfica de la FAV. Resultó que un 64 % de las exploraciones se realizaron con el fin de realizar una punción eco dirigida o por la búsqueda de nuevas zonas aptas para la punción. (Ilustración 30).

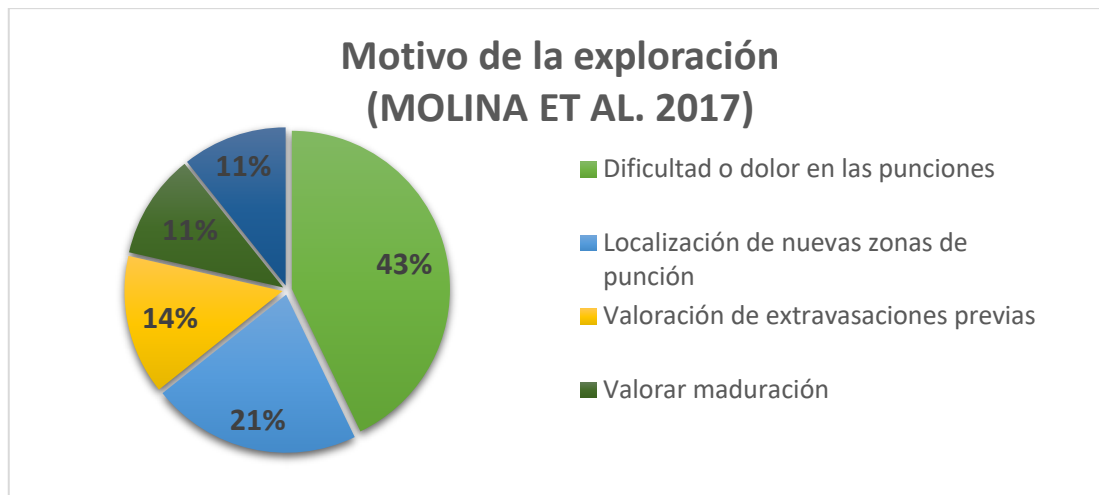


Ilustración 30: Aportación de la ecografía realizada por enfermería a la exploración del acceso vascular (Molina P. et al.)

Ward F et al. <sup>(60)</sup>, ese mismo año, en su estudio *Ultrasound-Guided Cannulation of the Hemodialysis Arteriovenous Access*, tratan las complicaciones que pueden surgir en una fístula arteriovenosa por una mala canalización y por punciones repetidas. Este equipo de nefrología de la Universidad Health Networkk, Toronto, defienden la utilización de la ecografía por parte de enfermería para una punción eco guiada con el fin de reducir dichas complicaciones. Además, defienden la inclusión de formación teórico - práctica en la formación académica de la enfermera nefróloga.

## VI. CONCLUSIONES

1. La utilización del ecógrafo de enfermería aumenta la supervivencia y calidad de las fístulas arteriovenosas al ayudar a la punción y en la detección temprana de complicaciones.
2. Es importante una formación teórico – práctica y un entrenamiento adecuado en exploración ecográfica al personal de enfermería especialista en cuidados nefrológicos.
3. La ecografía es una herramienta diagnóstica no invasiva y de bajo coste que ofrece gran información de la fístula arteriovenosa, por lo que la disponibilidad de un ecógrafo portátil en la Unidad de Hemodiálisis del CHN hace necesaria una guía de utilización para fomentar su uso.
4. Es importante avanzar en nuevos métodos que aseguren una mayor calidad y supervivencia de las fístulas arteriovenosas debido al aumento de la edad de los pacientes que están en tratamiento con Hemodiálisis, factor que hace más difícil la mantención de una fístula arteriovenosa permeable, requiriendo un acceso mediante un CVC que aumenta la morbilidad y mortalidad del paciente además de aumentar el coste sanitario.
5. La guía es una herramienta útil como formación para cualquier enfermera que se incorpore en la Unidad de Hemodiálisis, ya que trata de forma clara los temas necesarios para entender la hemodiálisis, la fístula arteriovenosa como acceso vascular y la utilización de la ecografía.
6. La ecografía para la punción eco - guiada puede ayudar en la técnica de canalización, especialmente en la técnica de Button Hole, favoreciendo la canalización en la misma dirección y profundidad.
7. A lo largo de los años Enfermería ha avanzado en la utilización de herramientas diagnósticas, como por ejemplo en la utilización de la ecografía en los catéteres venosos centrales de inserción periférica, por ello, la formación en exploración ecográfica debería incluirse en el programa académico del Grado de Enfermería de la Universidad Pública de Navarra.



8. Se deben realizar más estudios sobre la utilización del ecógrafo por parte de enfermería en nefrología, fomentando también la investigación en el campo de la obstetricia, geriatría, pediatría, unidades de cuidados intensivos, etc.
9. En otros hospitales ya se está utilizando esta herramienta de forma rutinaria en las salas de hemodiálisis. Estudios realizados en estos centros destacan que el principal motivo de utilización es la dificultad en la canalización o la necesidad de encontrar nuevas zonas de punción (entre el 60 – 70 % de los motivos).
10. Se abre campo para investigaciones futuras sobre la repercusión en el ámbito psicológico (dolor, sufrimiento, estrés, relación paciente – enfermera) que puede conllevar el uso de la ecografía para la punción.

## VII. PROPUESTA TEÓRICA DEL TRABAJO:

### 1. Introducción

Preservar un buen acceso vascular para un paciente en Hemodiálisis es primordial para garantizar una buena calidad de diálisis y disminuir la morbilidad y mortalidad prematura en el paciente. Las guías de referencia para el acceso vascular como la guía Española de Acceso Vascular o la NKD DQUIGO Guideline defienden la fístula arteriovenosa natural, en especial la radio cefálica, como primera opción de acceso vascular.

Enfermería tiene un gran papel en asegurar una correcta funcionalidad funcional y en disminuir el riesgo de disfunción del acceso vascular. Para ello, es necesario inculcar en el paciente unos cuidados diarios, asegurar un buen manejo en la sesión de diálisis por parte de enfermería (técnica de punción adecuada, realización de hemostasia post punción, programar flujos de salida y entrada adecuados, etc.) y detectar de forma precoz la aparición de cualquier complicación.

En relación con este último aspecto, en la detección precoz de complicaciones, se ha demostrado que un buen examen físico de la zona de la FAV, complementado con una vigilancia de parámetros dialítico y una monitorización por medio de la ecografía ante signos de alarma, ayuda a la detección temprana de complicaciones que pueden poner en peligro la funcionalidad del acceso. En estos casos, es posible instaurar un tratamiento correctivo temprano que garantice la supervivencia de la FAV y así disminuir la necesidad de instalación de un catéter venoso central. Con ello, se consigue disminuir la morbilidad y mortalidad prematura del paciente, además de repercutir directamente en la disminución del coste sanitario.

Otro punto a considerar es la técnica y zona de punción. Se ha demostrado que ambos factores influyen en la calidad y supervivencia del acceso vascular, además de ser motivo de aparición de complicaciones o incluso dolor en el paciente. Una de las medidas para mejorar y facilitar la punción de las fistulas arteriovenosas (FAV) es el uso de la ecografía. Esta técnica puede ayudar a la enfermera en uno de los problemas más comunes en las salas de hemodiálisis, la canalización de fístulas de

difícil punción, con el propósito de poder valorar la maduración del AV, localizar zonas adecuadas para la punción o zonas a evitar, realizar punción eco guiada, corroborar la correcta situación de la aguja, etc.

Con esta utilización del ecógrafo para la punción eco guiada, enfermería puede valorar la morfología y hemodinamia de la fístula, pudiendo detectar de forma precoz posibles complicaciones de la FAV, notificar los hallazgos e intervenir de forma precoz.

En definitiva, enfermería no se puede quedar atrás con los nuevos avances tecnológicos, es suficientemente competente como para capacitarse, adquirir las habilidades y conocimientos para poder adoptar nuevas técnicas como la ecografía.

## **2. Objetivo**

Esquematizar la guía de utilización del ecógrafo en unas fichas de fácil manejo para el personal de enfermería, con el fin de adquirir los conocimientos y habilidades en el uso de la ecografía para facilitar la punción, ayudar a valoración de las fístulas arteriovenosas y sus complicaciones.

## **3. Resultado de la propuesta:**

Manual básico de utilización del ecógrafo:

1. Pasos fundamentales en la ecografía
2. Diferencias entre modo B y Doppler
3. Modo B. Pasos para valoración morfológica
4. Modo Doppler Color.
5. Valoración de maduración de la FAV. Pasos para medición de diámetros y flujo.
6. Complicaciones de la FAV

# FICHAS MANEJO ECOGRÁFICO:

- 1 Pasos fundamentales en la ecografía
- 2 Diferencia entre modo B y modo Eco Doppler
- 3 Modo B. Pasos para la valoración morfológica
- 4 Modo Doppler Color.
- 5 Valoración de la maduración de la FAV. Pasos para la medición de diámetros y flujo.
- 6 Complicaciones de las fístulas arteriovenosas



# ECOGRAFÍA:

- 1 Elija la sonda que mejor se ajuste al tipo de estudio



- 2 Determine correctamente la **orientación** de la sonda

- 3 Posicionar el transductor con un ángulo de insonación adecuado (entre 45° y 60°)

- 4 Tanto paciente como examinador deben colocarse en una posición que permita un abordaje seguro, fácil y cómodo.



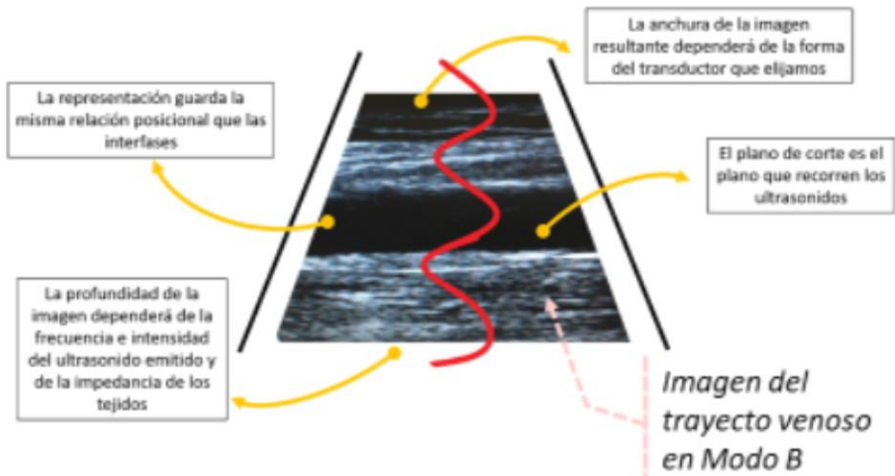
- 5 Optimice la imagen para asegurar un estudio fiable

- 6 En el modo Doppler Color reduzca la ventana de visualización al menor tamaño posible

- 7 Realice una correcta identificación del trayecto arterial, venoso y de la anastomosis. Para diferenciar la arteria de la vena en el modo 2D utilice las 3 preguntas básicas:

	ARTERIA	VENA
¿Se observa <b>latido</b> ?	SI	NO
¿Es <b>comprimible</b> ?	NO	SI
¿Se aprecian <b>valvas</b> ?	-	SI

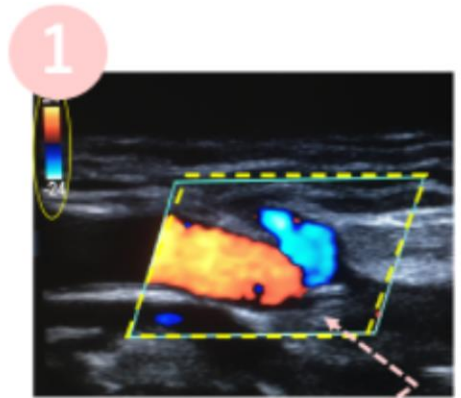
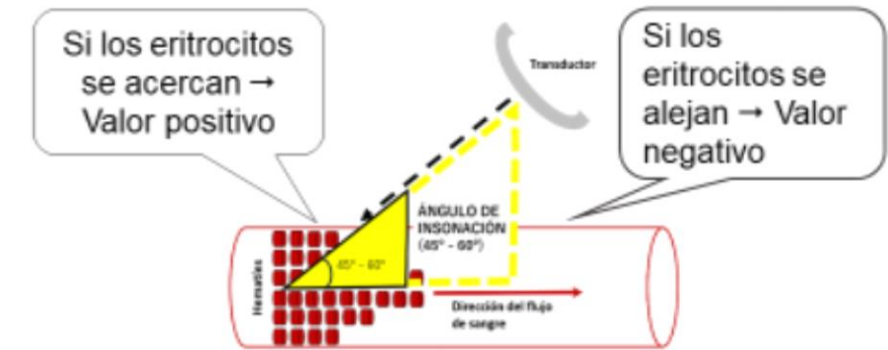
# MODO B



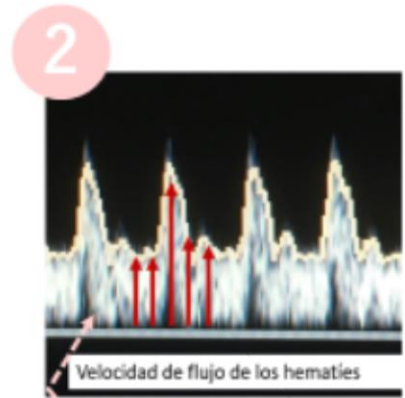
## MODO B → ESTUDIO MORFOLÓGICO

- Diámetro de la pared vascular
- Presencia de hematomas, fibrosis, edema, calcificaciones, aneurismas y pseudoaneurismas
- Detección de estenosis morfológicas o venas de calibre reducido
- Venas colaterales
- Tortuosidad de los vasos
- Presencia de trombosis

# ECO DOPPLER



Anastomosis en modo Color



Onda de flujo en Doppler espectral



# ECOGRAFÍA MODO B (2D)

Valoración morfológica de la FAV

El examen morfológico en modo B engloba el estudio de:

1. Diámetro de la pared vascular
2. Presencia de hematomas, trombosis, fibrosis, calcificaciones, aneurismas y pseudoaneurismas
3. Detección de estenosis morfológicas o venas de calibre reducido
4. Venas colaterales
5. Tortuosidad de los vasos



1

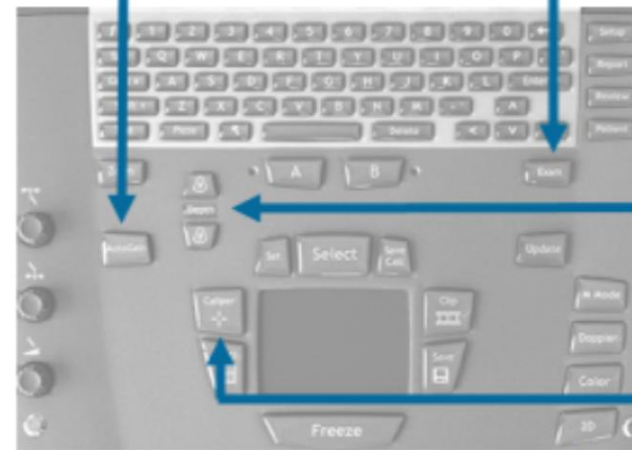
Encienda el ecógrafo y active la sonda lineal

2

Aplique gel transductor y determine **orientación** correcta de la sonda

4

Presione la tecla **"Exam"** para cambiar el tipo de examen a **"VAS"** (*Vascular*)



5

Optimize la imagen. Pule **"AutoGain"** para ajuste automático.

6

Modifique la **profundidad** según lo requiera el examen

3

Elija el modo B presionando la tecla **"2D"**

7

Para medir diámetros pulse **"CALIPER"**

# ECOGRAFÍA MODO COLOR

Valoración flujo de la FAV

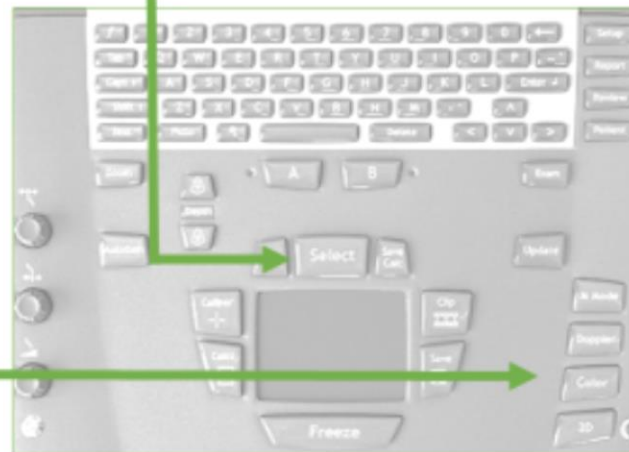
**Antes** de utilizar el modo Doppler en la valoración de la FAV, **utilice el modo B** para determinar la imagen adecuada de la fístula en la escala de grises.

**1** Para determinar la imagen adecuada en **modo B** utilice los pasos de la guía "Modo B"

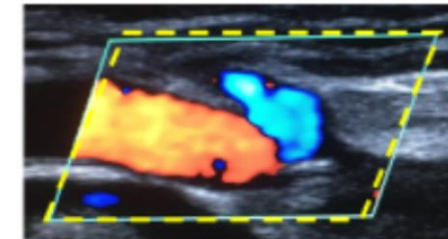
**2** Elija el modo Doppler Color presionando la tecla "**Color**"

**3** **Recuerda fenómeno Doppler:**  
Si los eritrocitos se acercan al transductor → Valor positivo  
Si los eritrocitos se alejan del transductor → Valor negativo

**4** Presione la tecla "**Select**" para cambiar el tamaño y la posición de la ventana de color



**5** Ventana de color del menor tamaño posible



**6** Ángulo de insonancia entre 30 y 60 grados.



# VALORAR MADURACIÓN

Medición del flujo +  
medición diámetros

## La regla de los 6s (FAVI ideal):

El flujo  $\geq$  a 600 ml/min  
El diámetro de la vena > de 6mm  
Profundidad < de 6mm

**1** Localizar arterial humeral en modo B (visión longitudinal) y presionar tecla "Doppler"

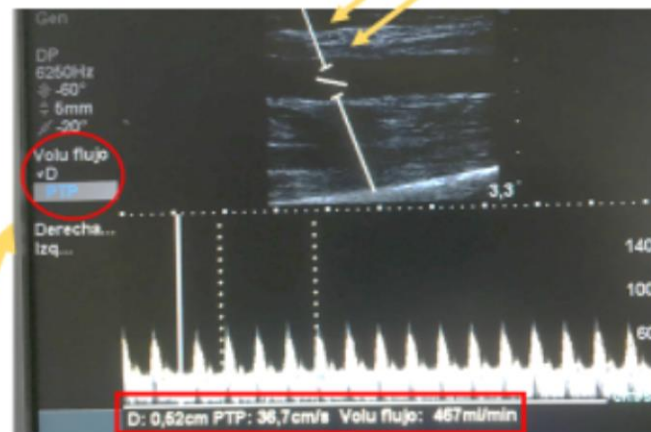
**2** Centrar líneas:  
Línea 1: según amplitud del vaso  
Línea 2: según dirección del flujo.  
Corregir el ángulo Doppler (30 – 60 grados)

**3** Click de nuevo en "Doppler" (aparecen ondas de flujo)

**4** Click en el botón "CALCULAR" (se congela imagen)

**5** En **margen izquierdo**: elegimos "Volumen de flujo". Aparece:

- "D" (punto 6)
- "PTP" (punto 7)



**6** "D": borrar medición anterior y **medir diámetro** del vaso (cercano al Doppler)

**7** "PTP": presionar botón "SELECT" y elegir 3 ondas completas. **Fijamos**

**8** Resultado en la parte inferior en ml/min

# COMPLICACIONES FAV

## 1 TROMBOSIS

¡👉 Ausencia flujo en Doppler color!



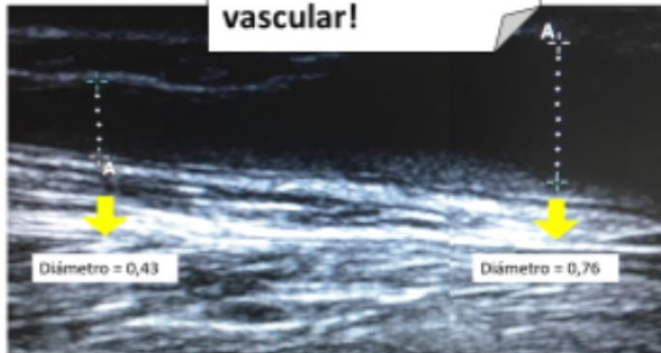
## 3 CALCIFICACIONES

¡👉 Hiperecoico!



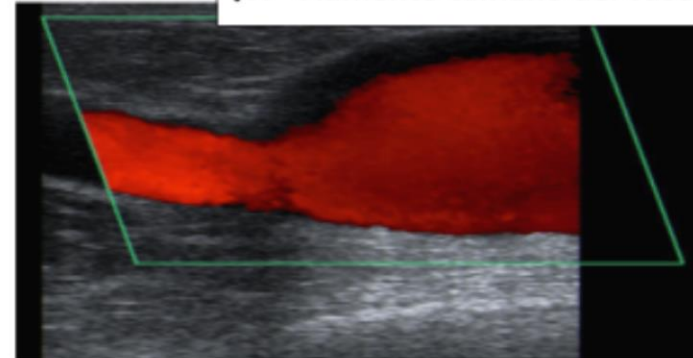
## 2 ESTENOSIS

¡👉 Reducción luz vascular!



## 4 ANEURISMAS

¡👉 Aumento tamaño del vaso!



## VIII. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a mi tutora de este trabajo, Elena Irigaray Osés, por su disponibilidad, apoyo y orientación en este trabajo, así como la cercanía y confianza depositada desde el principio.

En segundo lugar, agradecer al personal de la Unidad de Hemodiálisis por introducirme en el mundo de la nefrología. En especial, agradecer a mi tutora del *Practicum Va*, Naiara Donamaría, por su implicación y ayuda tanto en mi formación en el periodo de prácticas como durante la realización de este trabajo.

Por último, gracias a mi familia por ser el soporte fundamental que ha hecho posible que haya llegado hasta aquí; y a mis amigas, por todos los momentos vividos llenos de alegría y felicidad.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney inter., Suppl.* 2013; 3: 1–150
2. Vargas Marcos F, Remón Rodríguez C, Sánchez Miret JI, Díaz Corte C, Cortés Sancho R. Documento Marco sobre Enfermedad Renal Crónica dentro de la Estrategia de Abordaje a la Cronicidad en el SNS. *Minist Sanid Serv Soc E Igual* [Internet]. 2015;1–55. Available from: [http://www.senefro.org/modules/news/images/enfermedad-renal\\_cronica\\_2015.pdf](http://www.senefro.org/modules/news/images/enfermedad-renal_cronica_2015.pdf)
3. La Enfermedad Renal Crónica en España 2018 [Internet]. SEN. 2018. Available from: [http://www.senefro.org/contents/webstructure/comunicacion/SEN\\_dossier\\_Enfermedad\\_Renal\\_Cro.pdf](http://www.senefro.org/contents/webstructure/comunicacion/SEN_dossier_Enfermedad_Renal_Cro.pdf)
4. Arrieta J. Evaluación económica del tratamiento sustitutivo renal (hemodiálisis, diálisis peritoneal y trasplante). *Nefrología* [Internet]. 2010;1 ( Supl E:37–47. Available from: <http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-suplementosextra-articulo-evaluacin-economica-del-tratamiento-sustitutivo-renal-hemodilisis-dilisis-peritoneal-y-X2013757510002348>
5. Registro Autonómicos de Enfermos. Informe de Diálisis y Trasplante 2017. XLVIII Congr Nac la Soc Española Nefrol. 2017.
6. Grupo Español Multidisciplinar del Acceso Vascular. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. *Enfermería nefrológica Publ Of la Soc Esp Nefrol.* 2018;21(1):1–293.
7. Lee T, Mokrzycki M, Moist L, Maya I, Vazquez M, Lok CE. Standardized Definitions for Hemodialysis Vascular Access. *Semin Dial.* 2011;24(5):515–24.
8. Gruss E, Corchete E. El catéter venoso central para hemodiálisis y su repercusión en la morbimortalidad. *Nefrol Supl Extraordin.* 2012;3(6):5–12.

9. Bandyk D. Introduction: Hemodialysis vascular access: contemporary care and future directions. In: *Seminars in Vascular Surgery*. 2016. p. 143–5.
10. Paulson WD, Moist L, Lok CE. Vascular access surveillance: An ongoing controversy. *Kidney Int* [Internet]. 2012;81(2):132–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/ki.2011.337>
11. Guyton A, Hall J. *Tratado de fisiología médica*. 12th ed. Elsevier, editor. Madrid; 2011.
12. Tortora G, Derrickson B. *Principios de anatomía y fisiología*. 18th ed. Médica Panamericana. Madrid; 2018
13. Beathard GA. *Interventional Nephrology. Handb Dial Ther Fifth Ed*. 2016;75–86.e1.
14. Tamargo Menéndez J. *Fisiología Humana*. 3rd ed. España: Mc Graw Hill; 2011.
15. Observatorio de Metodología Enfermera. *Tipología de las necesidades básicas*. [Internet]. Ome.es. 2019 [cited 24 March 2019]. Available from: [http://www.ome.es/04\\_01\\_desa.cfm?id=424](http://www.ome.es/04_01_desa.cfm?id=424)
16. Juncos LA, Lopez-ruiz A, Juncos LI. *Fisiopatología De La Enfermedad Renal Crónica*. In: *Nefrología Clínica*. 2013. p. 328–33.
17. Gómez-Carracedo A, Arias-Muñana E, Jiménez-Rojas C. *Enfermedad renal crónica*. In: *Tratado de Geriátría para residentes*. Madrid: Sociedad Española de Geriátría y Gerontología; 2016. p. 637–46.
18. Boffa J-J, Cartery C. *Insuficiencia renal crónica o enfermedad renal crónica*. *EMC - Tratado Med* [Internet]. 2015 Sep;19(3):1–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1636541015728035>
19. Quiroga B, Rodríguez-Palomares JR, De Arriba G. *Insuficiencia renal crónica*. *Med* [Internet]. 2015;11(81):4860–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.med.2015.06.004>
20. Enrica E, Sanidad D, Social P, Española A, Gutiérrez-fisac JL, Muñoz LL. *Información Detallada Del Estudio Estudio De Nutrición Y Riesgo*

- Cardiovascular En España (Enrica). Rev Española Cardiol [Internet]. 2012;65:1–14. Available from: [http://premsa.gencat.cat/pres\\_fsvp/docs/2011/07/11/17/21/3a4a4254-d025-45d1-b8d4-40a42c0f852f.pdf](http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/docs/2011/07/11/17/21/3a4a4254-d025-45d1-b8d4-40a42c0f852f.pdf)
21. Lorenzo Sellarés V, López Gómez JM. Principios Físicos en Hemodiálisis. In: Dr. Lorenzo V, López-Gómez DJM, editors. Nefrología al día. 2018.
22. Manual de procedimientos de Diálisis Peritoneal. 2014. p. 191.
23. Muñoz Serapio M. Técnicas Continuas de Depuración Extracorpórea para enfermería. Elsevier, editor. Barcelona; 2012. 13-156 p.
24. Duagirdas JT. Manual de diálisis. 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2017. 574 p.
25. Arrieta J, M.a A. Bajo F, Caravaca F, Coronel H, García-Pérez E, González-Parra A, et al. Guías SEN: Guía de práctica clínica en diálisis peritoneal. 2006;(NEFROLOGÍA).
26. Sánchez Tocino ML, Villoria González S, Muñoz García B, Sánchez Martín A. Control de presiones venosa y arterial para evitar la disfunción del acceso vascular y su influencia en la dosis de diálisis. Enfermería Nefrológica [Internet]. 2016;19(3):281–7. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=cookie,ip,shib&db=rzh&AN=118570117&site=ehost-live>
27. Garcia Iglesias A, Miriunis C, Pelliccia F, Morris I, Romach I, Fazendeiro Matos J, et al. Acceso Vascular: canulación y cuidados. Acceso Vascular Canulación y Cuidados Guía de Buenas Prácticas de Enfermería para el manejo de la Fístula Arteriovenosa. 1st ed. Parisotto MT, Pancirova J, editors. Vol. 28, Revista Médica Clínica Las Condes. 2016. 1-175 p.
28. Martín-Malo A, de Francisco ALM. Dializadores y membranas de diálisis. In: Lorenzo DV, López-Gómez DJM, editors. Nefrología al día [Internet]. Sociedad Española de Nefrología; 2018. Available from:

<http://nefrologiadigital.revistanefrologia.com/es-monografias-nefrologia-dia-articulo-dializadores-membranas-dialisis-XX342164212000352>

29. Ravani P, Palmer SC, Oliver MJ, Quinn RR, MacRae JM, Tai DJ, et al. Associations between Hemodialysis Access Type and Clinical Outcomes: A Systematic Review. *J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2013;24(3):465–73. Available from: <http://www.jasn.org/lookup/doi/10.1681/ASN.2012070643>
30. Moist L, Vachharajani T. Central Venous Access for Hemodialysis. In: *Handbook of Dialysis Therapy*. Fifth edit. 2016. p. 40–49.e1.
31. Pelayo Alonso R, Begines Ramírez A, Cobo Sánchez JL, Sáenz de Buruaga Perea A, Sola García MT, Alonso Nates R, et al. Repercusión del acceso vascular sobre la calidad de vida de los pacientes en tratamiento con hemodiálisis. *Revista de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica*. 2011;14(4):242–9.
32. Lok CE, Allon M. Vascular Access for Hemodialysis in Adults. In: *Handbook of Dialysis Therapy* [Internet]. Fifth Edit. Elsevier Inc.; 2016. p. 23–39.e2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-39154-2.00002-3>
33. Arenas Jiménez M, López Collado M. Visión práctica del acceso vascular: Abordaje y cuidado entre nefrología y cirugía. [Internet]. *Nefrología*. 2018. 150 p. Available from: <http://www.revistanefrologia.com/contenidos/pdfs/-libroAcesosVascularesCompleto21.pdf>
34. Portillo Ramila G, Hernández Centeno JR, Hidalgo Valadez C, Ramírez Barba EJ. Revisión teórica fístula arteriovenosa. *Rev electrónica Med Salud y Soc*. 2012;3(1):1–16.
35. Jiménez Almonacid P. Fístulas arteriovenosas para hemodiálisis. In: Dr. Lorenzo V, Dr. López-Gómez J, editors. *Nefrología al día* [Internet]. Sociedad Española de Nefrología; 2018. Available from: <http://nefrologiadigital.revistanefrologia.com/modules.php?name=libro&op=viewCap&idpublication=1&idedition=13&idcapitulo=73>



36. Gándara Revuelta M. El acceso Vascular. In: Atención de Enfermería en nefrología y diálisis [Internet]. 2015. p. 126–38. Available from: [https://www.auladae.com/pdf/cursos/capitulo/nefrologia\\_dialisis.pdf](https://www.auladae.com/pdf/cursos/capitulo/nefrologia_dialisis.pdf)
37. Ibeas López J. Monitorización del acceso vascular: ¿Quo vadis? NefroPlus [Internet]. 2011;4(2):11–20. Available from: <http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefroplus-articulo-monitorizacion-del-acceso-vascular-quo-vadis-X1888970011001027>
38. Asif A, Sherman RA. Surveillance for Arteriovenous Access. In: Handbook of Dialysis Therapy. Fifth Edit. 2016. p. 72–74.e2.
39. Sousa CN, Martins MM, Figueiredo MHJS, Dias VFF, Teles P, Apóstolo JLA. Physical examination of arteriovenous fistula: The influence of professional experience in the detection of complications. Hemodial Int. 2014;18(3):695–9.
40. Muray Cases S, García Medina J, Pérez Abad JM, Andreu Muñoz AJ, Ramos Carrasco F, Pérez Pérez A, et al. Importancia del seguimiento y tratamiento del fracaso de maduración en la fístula arteriovenosa radio-cefálica en prediálisis. Papel de la ecografía. Nefrología. 2016;36(4):410–7.
41. Hanisch JJ, Bai H, Kudze T, Hu H, Santana JM, Patel S, et al. Future research directions to improve fistula maturation and reduce access failure. In: Seminars in Vascular Surgery [Internet]. Elsevier Inc.; 2016. p. 153–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2016.08.005>
42. Bashar K, Conlon PJ, Kheirelseid EAH, Aherne T, Walsh SR, Leahy A. Arteriovenous fistula in dialysis patients: Factors implicated in early and late AVF maturation failure. Surgeon [Internet]. 2016;14(5):294–300. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.surge.2016.02.001>
43. Sanz Turrado M, Garrido Pérez L, Caro Domínguez C. Factores que influyen en la satisfacción del paciente de diálisis con enfermería. Enfermería Nefrológica [Internet]. 2017;20(1):66–75. Available from: <http://dx.doi.org/10.4321/S225428842017000100009>



44. Miranda Camarero MV. Cuidados de las fístulas arteriovenosas. Intervenciones y actividades del profesional de enfermería. Dial y Traspl [Internet]. 2010;30(3):12–6. Available from: [www.elsevier.es/dialisis](http://www.elsevier.es/dialisis)
45. Grau Pueyo C, Granados Navarrete I, Moya Mejía C, García Blanco M, Vinuesa García-Ciaño X, Ramírez Vaca J, et al. La punción del acceso vascular en hemodiálisis es una necesidad, el método Buttonhole una opción. Rev la Soc Española Enfermería Nefrológica. 2011;14(1):30–6.
46. Baena L, Merino JL, Bueno B, Martín B, Sánchez V, Caserta L, et al. Instauración de la técnica de buttonhole como alternativa de punción para las fístulas arteriovenosas. Experiencia de un centro en 3años. Nefrología [Internet]. 2017;37(2):199–205. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.-2016.11.014>
47. Dinwiddie LC, Holland JE. Cannulation of Hemodialysis Vascular Access: Science and Art. In: Handbook of Dialysis Therapy [Internet]. Fifth Edit. Elsevier Inc.; 2016. p. 87–93.e1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-39154-2.00008-4>
48. Elias M, Nnang-Obada E, Charpentier B, Durrbach A, Beaudreuil S. Impact of arteriovenous fistula cannulation on the quality of dialysis. Hemodialysis International. 2018;22(1):45–9.
49. Tienda M QA. Otras complicaciones de las FAVs. Cuidados de enfermería. Rev SEDEN [Internet]. 2000;3(1):0–. Available from: [http://www.revistaseden.org/files/3320\\_otras\\_aplicaciones.pdf](http://www.revistaseden.org/files/3320_otras_aplicaciones.pdf)
50. Kaufman JL. Noninfectious Complications From Vascular Access. In: Handbook of Dialysis Therapy [Internet]. Fifth Edit. Elsevier Inc.; 2016. p. 50–63.e2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-39154-2.00004-7>
51. Allon M, Lok CE. Infectious Complications From Vascular Access. In: Handbook of Dialysis Therapy [Internet]. Fifth Edit. Elsevier Inc.; 2017. p. 64–71.e1.

Available

from:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323391542000059>

52. Ibeas-López J, Vallespín-Aguado J. Ecografía del acceso vascular para hemodiálisis: conceptos teóricos y prácticos. *Criterios. Nefrol Sup Ext.* 2012;3(6):21–35.
53. Domenech de Frutos S, Gironés Muriel A. Principios Básicos De Ecografía Clínica. In: *Manuales de Ecografía Clínica [Internet]*. 2012. p. 1–37. Available from: <http://ultradissection.com/PDFapuntes/Principios fisicos.pdf>
54. Díaz-Rodríguez N, Garrido-Chamorro RP, Castellano-Alarcón J. Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico. *SEMERGEN.* 2007;33(7):362–9.
55. Granados Ruiz MA. Principios básicos de ecografía. *Asoc Española Pediatría.* :1–26.
56. Cerezo López e. Principios físicos y técnicos del Eco Doppler. Madrid. 2014. P. 1–57.
57. SonoSite M-Turbo Sistema de ecografía.
58. Grupo de trabajo en ecografía. Oulego I, Ferrer Á, Gil J, Salas A, López O, López JM, et al. Procedimientos ecoguiados. *Soc Española Cuid Pediátricos.* 2018;1–79.
59. Gil Grande L. Problemas Y Soluciones De Ecografía Doppler. Unidad de Ecografía Digestiva Hospital Ramon y Cajal [Internet]. 2008;1–8. Available from: [https://www.ecodigest.net/revista/numeros/num\\_v9\\_1/PROBLEMAS\\_SOLUCIONES\\_USDOPPLER1.pdf](https://www.ecodigest.net/revista/numeros/num_v9_1/PROBLEMAS_SOLUCIONES_USDOPPLER1.pdf)
60. Ward F, Faratro R, McQuillan RF. Ultrasound-Guided Cannulation of the Hemodialysis Arteriovenous Access. *Semin Dial.* 2017;30(4):319–25.

61. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, Skubas NJ, Eberhardt RT, Walker JD, et al. Guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: Recommendations of the American society of echocardiography and the society of cardiovascular anesthesiologists. *Anesth Analg* [Internet]. 2012;114(1):46–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2011.09.021>
62. Rueda Velasco L, Martín Cano M, Galiano Roa RF. Eco-Doppler como herramienta en la punción de fistulas arterio-venosas. *Enfermería Nefrológica*. 2015;18(1):101/137.
63. Bendek IV, Ruiz M, Vega L. Uso de ultrasonido en fístulas arteriovenosas de difícil canulación en hemodiálisis. *Rev Colomb Nefrol* [Internet]. 2019;6(1):48–56. Available from: <http://revistanefrologia.org/index.php/rcn/article/view/297/pdf>
64. Pietryga J.A., Little M., Robbin M.L., Sonography of Arteriovenous Fistulas and Grafts. *Semin Dial*. 2017;30(4):309–18.
65. Alonso-Rodríguez L. Evaluación, mediante Doppler color, de las fístulas arteriovenosas para hemodiálisis arteriovenous fistulae for hemodialysis . *An Radiol México*. 2017;16(4):320–8.
66. Fontseré N, Mestres G, Barrufet M, Burrel M, Vera M, Arias M, et al. Aplicación práctica de la termodilución frente a la ecografía - Doppler en la medición del flujo del acceso vascular. *Rev Nefrol*. 2013;33(3):43–51.
67. Rubio Marco I, Tirapu Tapiz M, Zabalza Unzue, J. Ecografía Doppler: Principios básicos y guía práctica para residentes. *European Society of Radiology*. 2014
68. Redecilla Barral M, Cantero Perea R, Montes Durán C, Sanchez Romero I, De Lara Bendahan V. Seudoaneurismas iatrogénicos: manejo mínimamente invasivo. *Eur Soc Radiol*. 2014.

69. Sánchez Martín A, Villoria González S, Muñoz García B, Tocino Sanchez ML, Turrión Cabezas V. El ecógrafo como herramienta de trabajo de enfermería en hemodiálisis extrahospitalaria. *Enfermería Nefrológica*. 2014;17(1):116/140.
70. Vinuesa García-Ciaño X, Iglesias Sanjuan R, Moya Mejía MC, Vallespín Aguado J. Formación, validación y evaluación de un equipo de enfermería nefrológica en el uso de la ecografía del acceso vascular para hemodiálisis. *Enfermería Nefrológica*. 2016;19(1):49/55.
71. Molina P, Liebana B, Moreno Y, Arribas P. Aportacion de la ecografia realizada por enfermeria a la exploracion del acceso vascular. *Rev la Soc Española Enfermería Nefrológica*. 2017;
72. Hernández López J. Punción con ecografía dirigida de la fístula arteriovenosa dificultosa. *Dial y Traspl*. 2011;32(3):125–6.

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1: Prevalencia de modalidad de tratamiento renal sustitutivo en Navarra en el año 2017. Fuente: La Enfermedad Renal Crónica en España 2018 <sup>(3)</sup> .....	12
Ilustración 2: Representación esquemática de los procesos que intervienen en la formación de orina. Fuente: Tamargo Menéndez J. Fisiología Humana <sup>(14)</sup> .....	25
Ilustración 3: Esquema de hemodiálisis. Elaboración propia. ....	34
Ilustración 4: Tipos y localización de FAV natural en el miembro superior. Fuente: Jiménez Almonacid P. Fístulas arteriovenosas para hemodiálisis <sup>(35)</sup> .....	40
Ilustración 5: Tipos y localización de FAV protésicas en el miembro superior. Fuente: Jiménez Almonacid P. Fístulas arteriovenosas para hemodiálisis <sup>(35)</sup> .....	40
Ilustración 6: Esquema de maduración de la FAV. Fuente: esquema traducido de traducción de Hanisch J et al. <sup>(41)</sup> .....	45
Ilustración 7: Mecanismos de atenuación de la onda sonora por el paso de los tejidos. Fuente: Granados et al. <sup>(55)</sup> .....	55

Ilustración 8: Representación de la onda de baja frecuencia (primera imagen) y de alta frecuencia (segunda imagen). Elaboración propia. ....	56
Ilustración 9: Características de una onda. Amplitud y Frecuencia. Elaboración propia. ....	56
Ilustración 10: Sonosite M - Turbo. ....	58
Ilustración 11: tipos de sondas ecográficas. Fuente: <a href="http://www.sonosite.com/productos/transductores">www.sonosite.com/productos/transductores</a> .....	59
Ilustración 12: Esquema con conceptos sobre el Modo B. Elaboración propia. ....	61
Ilustración 13: Representación del ángulo de insonación. Elaboración propia. ....	62
Ilustración 14: Representación velocidad de los hematíes en un Doppler espectral. Elaboración propia. ....	62
Ilustración 15: Vista longitudinal de arteria radial en modo Doppler Color. Color rojo, frecuencia Doppler positiva. Profundidad 2,2 cm. Modo de examen vascular. ....	63
Ilustración 16: Vista longitudinal de vena cefálica en modo Doppler Color. Color azul, frecuencia Doppler negativa. Profundidad 2,2 cm. Modo de examen vascular. ....	63
Ilustración 17: Vista longitudinal de anastomosis de fístula radio cefálica autóloga en modo Doppler Color. Vista de ambos colores por distinta dirección del flujo. Profundidad 2,2 cm. Modo de examen vascular. ....	63
Ilustración 18: Línea Doppler centrada y angulada en dirección del vaso. Ángulo Doppler adecuado. ....	76
Ilustración 19: Ondas en Doppler espectral. ....	76
Ilustración 20: Ubicación de las opciones D (diámetro) y PTP (tiempo máximo promedio) .....	76
Ilustración 21: Resultado de cálculo de flujo en la arteria braquial. (Flujo: 467 ml/min; Diámetro de 0.52 cm; PTP: 36,7 cm/s) .....	77
Ilustración 22: Trombo en la parte superior del vaso (zona hiperecogénica) no apta para la punción. Fuente: Ibéas López. <sup>(52)</sup> .....	78

Ilustración 23: Evidencia de trayecto con estenosis (Diámetro original = 0,76cm / Diámetro residual 0,43 cm/ 76 % estenosis. ....	79
Ilustración 24: Presencia de calificaciones (zona hiperecogénica).....	80
Ilustración 25: Aneurisma en modo Doppler color. Fuente: Jiménez Almonacid, P. <sup>(35)</sup> .....	80
Ilustración 26: Aneurisma venoso en fístula arteriovenosa. Fuente: Jiménez Almonacid, P. <sup>(35)</sup> .....	80
Ilustración 27: Singo del Ying - Yang en el interior del pseudoaneurisma. Fuente: Redecilla Barral et al. <sup>(68)</sup> .....	81
Ilustración 28: Momentos adecuados para la utilización del ecógrafo. Elaboración propia.....	83
Ilustración 29: Motivos de realización de ecografía por parte de Enfermería en la sala de Hemodiálisis (Vinuesa et al.).....	86
Ilustración 30: Aportación de la ecografía realizada por enfermería a la exploración del acceso vascular (Molina P. et al.).....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores iniciadores y de progresión en la ERC. Elaboración propia. (1,4,11,13,16,19) .....	29
Tabla 2: Clasificación de los estadios de la enfermedad renal crónica (ERC) según las guías K/DOQI 2012 de la National Kidney Foundation. Elaboración propia .....	30
Tabla 3: Diferenciación entre arteria y vena con ecografía. Elaboración propia. ....	71
Tabla 4: Diferencias en la utilización transversal o longitudinal en la punción eco guiada.....	71
Tabla 5: Diferencia entre el ángulo de insonación y en ángulo Doppler. Elaboración propia. Fuente: Rubio et al. <sup>(67)</sup> .....	75

X. ANEXOS

**ANEXO 1. Consentimiento informado.**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo D/Dª .....,

MANIFIESTO QUE:

- Sé y conozco que la investigación científica es necesaria para avanzar en el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de la enfermedad renal crónica.
- He obtenido información sobre la finalidad del uso de los datos, así como sobre la seguridad y garantía de cumplimiento de la legalidad.
- He comprendido la información recibida y he podido preguntar y aclarar todas las dudas que he creído oportunas

EN CONSECUENCIA, DOY MI CONSENTIMIENTO, DE FORMA CONSCIENTE Y LIBRE, PARA LA CESIÓN DE MIS DATOS E IMÁGENES ECOGRÁFICAS, PARA SU UTILIZACIÓN CON FINES DOCENTES O DE DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO.

En ....., a .... días del mes de ..... del año .....

Firma del paciente	Firma del investigador
Nombre .....	Nombre .....
Apellido .....	Apellido .....

**Anexo 2: Cuidados FAV.** Elaboración propia.

## CUIDADOS DIARIOS

### COMPRUEBE SU ESTADO

Debe comprobar diariamente la presencia de "thrill" (vibración al palpar ligeramente la fistula)

### EVITE PRESIÓN EN ESE BRAZO

- No vista con ropa ajustada
- No duerma sobre el brazo de la fistula
- No doble el brazo de la fistula con fuerza
- No permita que le tomen la tensión en el brazo de la fistula
- No permita que le extraigan sangre o pongan inyecciones en ese brazo.

### CONSEJOS

Mantenga limpia la fistula

- Lávese con agua y jabón diariamente
- Evite toser o estornudar en dirección a la fistula
- Absténgase de rascarse

Proteja la fistula de heridas

- Evite levantar objetos pesados
- Practique deportes que no sobrecarguen el brazo

Evite las temperaturas extremas

- No se exponga a calor excesivo (saunas, baños de calor)
- Evite el frío excesivo, abriguese.

### AVISE A SU MÉDICO O ENFERMERA EN CASO DE ENROJECIMIENTO, DOLOR, EDEMA, AUMENTO DE TEMPERATURA O SUPURACIÓN

### INFORMACIÓN ÚTIL

**SERVICIO DE NEFROLOGÍA:**  
UNIDAD - A (Sótano Pabellón J)  
UNIDAD - B (Sótano CHN -B)  
C/ Irunlarrea 4. Complejo Hospitalario de Navarra  
31008 Pamplona. Navarra. España.

**ASOCIACIONES:**  
Asociación para la Lucha Contra las Enfermedades del Riñón. ALCER.  
[www.alcernavarra.org](http://www.alcernavarra.org)  
C/ Monasterio de la Oliva 29.

## CUIDADOS DE LA FÍSTULA ARTERIOVENOSA

Complejo Hospitalario de Navarra



## FÍSTULA ARTERIOVENOSA

Una fistula es la unión de una arteria con una vena para poder obtener un vaso con mayor flujo y de fácil acceso.

### ¿POR QUÉ NECESITO UNA FÍSTULA?

Para el tratamiento de Hemodiálisis se necesita un flujo de sangre constante y suficiente. Tenemos dos tipos de vasos: VENAS y ARTERIAS

#### VENAS

Las venas son vasos superficiales fáciles de pinchar, pero el volumen que obtendríamos sería bajo para lo que se requiere

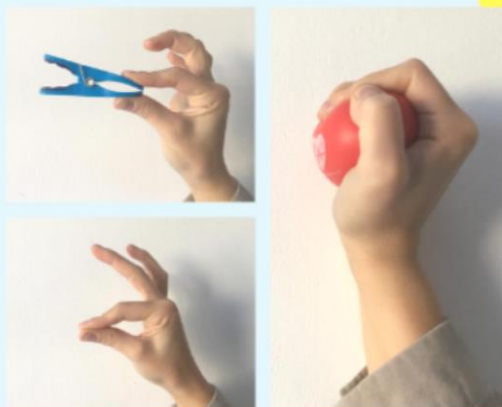
#### ARTERIAS

Son más gruesas y poseen más flujo de sangre, pero son más difíciles de pinchar y tienen una presión demasiado alta, por lo que no son idóneas para el tratamiento.

Una fistula arteriovenosa ("arterio" de arteria; "venosa" de vena) se crea para obtener un acceso con las propiedades de ambos vasos: presión de la circulación sanguínea, alto flujo y fácil punción.

### MADURACIÓN

Tras la realización de la fistula, deberá esperar un proceso de maduración, en el cual el diámetro y grosor de la fistula crecerá. Este proceso suele ser entre 2 a 6 semanas.



## EJERCICIOS PARA LA MADURACIÓN

#### AGARRAR PINZA

Tome una pinza normal de tender la ropa. Apriétela y ábrala con el dedo índice y el pulgar. Deje que vuelva a cerrarse.

#### APRETAR PELOTA BLANDA

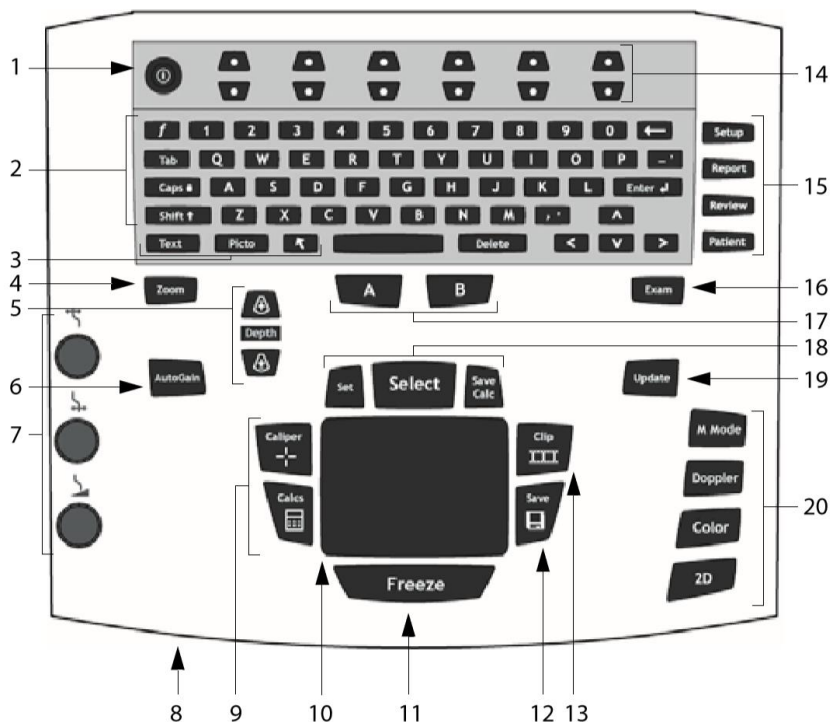
Sujete la pelota con la palma de la mano. Deje que el brazo le cuelgue junto al cuerpo. Apriete la pelota abriendo y cerrando la mano repetidamente durante unos 5 minutos.

#### TOQUE LA PUNTA DE LOS DEDOS

Toque cada dedo hasta la punta del pulgar. Recuerde abrir la mano después de cada toque.

**REPITA ESTOS EJERCICIOS DURANTE 5 MINUTOS, 6 VECES AL DÍA**

**ANEXO 3. Control de botones**



1	Interruptor de encendido	Enciende y apaga el sistema
2	Teclas alfanuméricas	Se utilizan para introducir texto y números
3	Teclas de anotación	
4	ZOOM	Amplía la imagen
5	DEPTH UP (Profundidad arriba) DEPTH DOWN (Profundidad abajo)	Aumenta y disminuye la profundidad de la imagen
6	AUTO GAIN (Autogancia)	Ajusta la ganancia automáticamente
7	Ganancia ↔ Próximo ↔ Lejano ↔ Ganancia global	Ajuste manual de la ganancia
8	Indicador de alimentación de CA	Luz continua significa que la alimentación de CA está conectada. Una luz intermitente significa que el sistema está en modo latencia.
9	CALIPER (Calibrador)	Muestra calibradores para realizar mediciones

	CALCS (Cálculos)	Activa y desactiva el menú de cálculos
10	Almohadilla táctil	
11	FREEZE (Congelar)	Detiene la imagen en directo y muestra la imagen congelada
12	SAVE (Guardar)	Guarda la imagen en almacenamiento interno
13	CLIP	Guarda un clip en almacenamiento interno
14	Teclas de control	Opciones de control en pantalla
15	Formularios	
16	EXAM	Abre el menú de examen
17	Teclas de acceso directo A y B	Teclas que pueden programarse para realizar tareas comunes
18	SET (Fijar)	Establece medición en modo de trazo
	SELECT (Seleccionar)	Se utiliza con la almohadilla táctil para seleccionar elementos en la pantalla. Permite también alternar entre el modo Color y Doppler, los calibradores de medición, la posición y el ángulo del marcador del pictograma, las imágenes congeladas en pantalla dúplex y duales, y la posición y orientación de las flechas
	SAVE CALC (Guardar cálculo)	Guarda los cálculos y las mediciones en el informe del paciente.
19	UPDATE (Actualizar)	Alterna entre pantallas dúplex y duales y entre los modos de imagen en M Mode y Doppler
20	<b>Modos de imagen</b>	
	M MODE	Activa el M Mode y alterna entre la línea M y el trazo del M Mode
	DOPPLER	Activa el modo Doppler y alterna entre la línea D y el trazo Doppler
	COLOR	Activa y desactiva el modo Color
	2D	Activa el modo 2D