

Relación entre el líquido intracelular, extracelular y agua corporal con el nivel de hidratación

CAFYD

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Carlos Jul Jiménez

Grupo TFG: Rendimiento M_41

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Dr. José Francisco Tornero Aguilera

Área: Diseño de un estudio experimental

Resumen

Introducción: El cuerpo humano se divide en una parte sólida y en otra parte líquida, esta última parte puede llegar hasta el 80% en recién nacidos y 73% en adultos. Los compartimentos más grandes de este líquido es el intracelular y extracelular teniendo valores de entre 40-50% y 20-30% del peso corporal respectivamente o 55% y 45% del agua total. Un nivel elevado de deshidratación podría estar relacionado con enfermedades además de ser una posible causa de disminución del rendimiento deportivo.

Una de las maneras más fáciles para medir el nivel de hidratación es colorimetría de Armstrong, aunque esta sea válida no es la más precisa, ya que hay variables que afectan directamente al nivel de hidratación como temperatura, masa muscular, pero aun no siendo tan precisa se puede correlacionar con el nivel de hidratación. Son necesarios más estudios ya que no hay suficientes en población deportista.

Objetivo: Analizar y comparar el nivel de hidratación medido por la colorimetría de Armstrong y relacionarlo con el ECW, ICW y TBW en población deportista y no deportista.

Metodología: Estudio observacional transversal, la muestra seguirá unos criterios de inclusión y exclusión, así como un tiempo límite. Mediremos el nivel de hidratación, el agua corporal y sus compartimentos, mediante la tabla de colores y con un Inbody 720. El estudio buscará que todos los participantes realicen las pruebas en las mismas condiciones para que los datos sean lo más representativo posible.

Las pruebas serán dirigidas por profesionales formados, así como el posterior análisis de datos y la interpretación de los resultados.

Abstract

Introduction: The human body is divided into a solid and a liquid part, the latter being up to 80% in newborns and 73% in adults. The largest compartments of this fluid are intracellular and extracellular with values between 40-50% and 20-30% of body weight respectively or 55% and 45% of total water. An elevated level of dehydration could be related to illness as well as being a possible cause of decreased athletic performance.

One of the easiest ways to measure the level of hydration is with the Armstrong colour chart, although this is valid it is not the most accurate, as there are variables that directly affect the level of hydration such as temperature, muscle mass or lighting, but even though it is not as accurate it can be correlated with the level of hydration. More studies are needed as there are not enough in the sports population.

Objective: To analyse and compare the level of hydration measured by Armstrong colorimetry and relate it to the ECW, ICW and TBW in an athlete and non-athlete population.

Methodology: Cross-sectional observational study, the sample will follow inclusion and exclusion criteria, as well as a time limit. We will measure the level of hydration, body water and its compartments, using the colour chart and an Inbody 720, or by means of a questionnaire. The study will seek to ensure that all participants perform the tests under the same conditions so that the data is as representative as possible. The tests will be conducted by trained professionals, as well as the subsequent data analysis and interpretation of the results.

Indice

1.	Introducción.....	1
2.	Justificación.....	7
3.	Objetivos e hipótesis del estudio.....	8
3.1	Objetivo principal.....	8
3.2	Objetivos secundarios.....	8
3.3	Hipótesis.....	8
4.	Metodología.....	9
4.1	Comité de ética.....	9
4.2	Diseño.....	9
4.3	Muestra y formación de grupos.....	9
4.4	Variables y material de medida.....	10
4.5	Procedimiento.....	13
4.6	Análisis de datos.....	18
5.	Equipo de investigación.....	19
6.	Viabilidad del estudio.....	20
7.	Referencias.....	22
8.	Anexos.....	26

1. Índice de tablas

Figura 1.....	2
Figura 2.....	4
Figura 3.....	5
Tabla 1	14
Tabla 2	19

1. Introducción

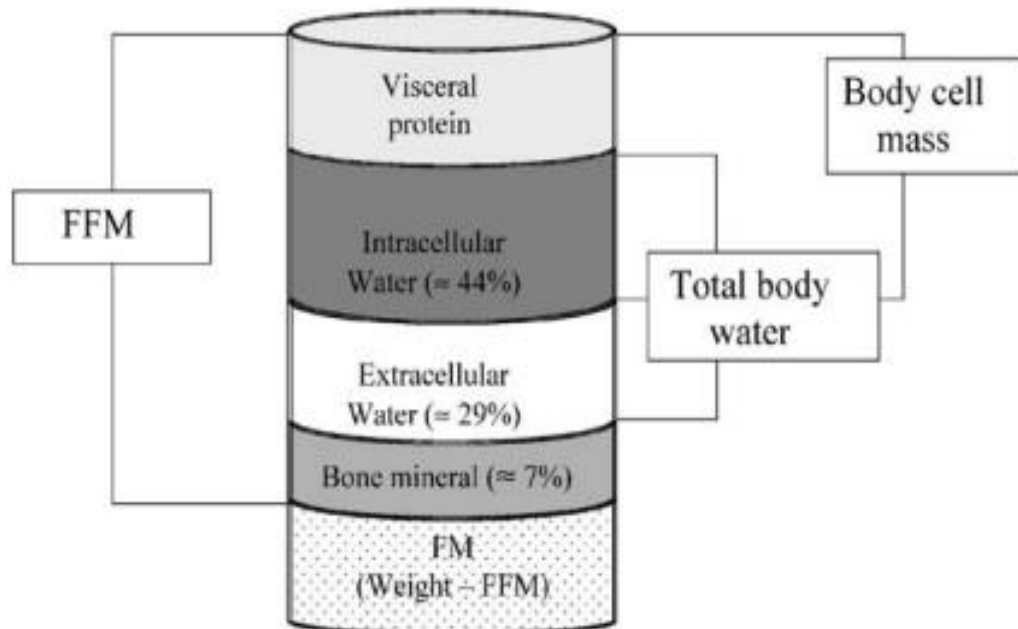
El cuerpo humano se divide en elementos sólidos y líquidos siendo esta última la mayor parte. La cantidad de agua total del cuerpo o total body water (TBW) puede variar según la edad u otras variables, pudiendo llegar hasta un 80% en recién nacidos como nos indica Kyle, U. G., et al. (2004). Los valores promedios de TBW en adultos sanos varía dependiendo de la fuente y del autor de donde se extraigan los datos, en la literatura científica actual tenemos artículos que muestran valores elevados, llegando a tener valores medios de 73% como señala Kyle, U. G., et al (2004) Mientras que otros autores como Garza, N. E. F. (2015) habla de valores promedios más bajos, llegando hasta el 60% en adultos masculinos sanos de 70kg.

El TBW se divide en varios compartimentos, siendo los dos más importantes el agua extracelular y agua intracelular o extracellular wáter (ECW) e intracellular wáter (ICW) que, como indican sus nombres se distribuyen en el exterior y el interior de las células respectivamente. El ECW se compone de a su vez de dos compartimentos: el interior de los vasos sanguíneos que forma el plasma sanguíneo y en exterior de estos vasos que forman el líquido intersticial que recubren las células. Como nos indica Garza, N. E. F. (2015) el ICW en adultos sanos tiene un valor promedio del 40% del peso corporal mientras que el ECW un 20% dividiéndose en un 5% de plasma y un 15% de líquido intersticial. Otros autores como Kyle, U. G., et al (2004) hablan de otros valores, en adultos sanos el ICW tendría un porcentaje del 44% mientras que ECW del 29%.

Figura 1.

Compartimentos de composición corporal.

Nota. La imagen representa los compartimentos corporales, masa libre de grasa (FFM), ECW, ICW y TBW y sus porcentajes en población adulta sana.



Tomado de Kyle, U. G. et al, (2004).

En otro artículo anterior, Martinoli, R., et al. (2003) señalan que en adultos hombres y mujeres sanos de un peso de 70kg el agua supone un 60% y 55% de su peso total respectivamente, además dividen el TBW en 45% aproximadamente para el ECW y un 55% aproximadamente para el ICW. También hablan de que la proporción del TBW difiere mucho entre cada persona siendo estas diferencias atribuibles a la cantidad de tejido adiposo.

1.1 Antecedentes

Analizando la literatura científica se observan diversidad de opiniones y corrientes, tenemos que tener en cuenta que hay gran cantidad de variables influyentes en la hidratación de las personas y/o deportistas como puede ser la edad, sexo, hábitos alimenticios, entre otras muchas. Además, Esayed, S. A. E, (2021) explica que en adultos críticamente enfermos de unidades generales de cuidados intensivos algunos factores específicos del paciente: la edad, temperatura, el diagnóstico, el

ventilador mecánico, el edema, el nitrógeno ureico en sangre y la osmolalidad sanguínea que realiza pueden afectar significativamente al color de la orina, esto podría significar que además del color de la orina el nivel de hidratación también varía. Como nos indican Malisova, O., et al (2016), en Alemania, España y Grecia aproximadamente hay un 60% de personas que están en estado de euhidratación lo que significa que están entre los valores de hidratación que se consideran normales, mientras que un 20% aproximadamente se sitúan en valores superiores a los normales, se les consideran hiperhidratados, al mismo tiempo el mismo porcentaje de personas se considera que están por debajo de los valores normales y se encuentran en un estado de deshidratación. Por otro lado, hablando de jóvenes deportistas, Arnaotis, G., et al (2015) nos señalan que los atletas jóvenes de élite se encuentran en un estado de hipohidratación, más del 89% de sus deportistas estaban deshidratados en la primera muestra de orina por la mañana, en la muestra de antes del entrenamiento el porcentaje bajó a 76.3% siendo aún un valor muy elevado y después del entrenamiento el porcentaje se mantuvo en 74,5% de deportistas deshidratados. Mientras que Meleleo, D., et al (2017) nos muestra que los niños deportistas al finalizar un año, tienen una disminución del ECW y un aumento del ICW sin que esto afecte al TBW.

El nivel de hidratación puede ser un valor a tener en cuenta para predecir la mortalidad en pacientes de diálisis peritoneal como muestran Ping, J., Hong, T., Feng, W., Du, H., & Wang, T. (2016). También sirve para valorar la fuerza, como indican Taniguchi, M., et al (2017), la relación ECW/ICW sirve para evaluar la fuerza y los cambios en la calidad muscular con precisión en mujeres de edad avanzada. En atletas de élite de judo Silva, A. M., et al (2011) comprobaron que una reducción de hidratación del 3-4% supone una pérdida de fuerza muscular del 2% y los deportistas que perdieron más del 2% de la fuerza tuvieron reducciones 2.7% (4.5% de ICW y 0.3% de ECW). Taylor, P., et al (2014) Sugieren que el entrenamiento de fuerza progresivo promueve un aumento del TBW, en especial del ICW en hombres y mujeres.

Valorando diferentes métodos para evaluar la hidratación, el color de la orina es uno de los más estudiados en los últimos años debido ya que, como indica Armstrong, L. E. (2005), es un método muy económico, requiere poco tiempo, fácil de transportar y no requiere personal experto. El material utilizado en los análisis de la orina según su color es una tabla de ocho colores siendo el primer color un

amarillo muy claro y el último color un verde pardo oscuro como nos indica Armstrong, L. E. (2005). Respecto a la precisión de la colorimetría de Armstrong hay diversidad de opiniones. Por ejemplo, Kovacs, E. M., et al (1999) hablan de que el color de la orina es un mal indicador del estado de hidratación después una deshidratación aguda que fue producida por el ejercicio. Otro caso es el que nos muestran Fernández-Elías, V. E., et al (2014) que, en el pesaje oficial de antes de un campeonato olímpico de combate, el color de la orina si podría ser una herramienta adecuada para analizar la hidratación si no está disponible la gravedad específica de la orina. Armstrong, L. E., et al (2012) nos muestran una tabla donde relacionan las categorías de hidratación con diferentes métodos de análisis como el color de la orina, la gravedad específica de la orina y métodos más precisos como es la osmolaridad de la orina, medido en mujeres jóvenes de 59kg.

Figura 2

Métodos de análisis de hidratación relacionados entre sí con el nivel de hidratación.

Nota. La imagen muestra diferentes métodos para analizar la hidratación, los compara entre sí y muestra su nivel de hidratación dividido en hiperhidratación, hidratación normal y deshidratación.

Hydration categories	Percentile ^a range	Morning		24-Hour					
		Serum osmolality (mOsm/kg)	Hematocrit (%)	Total fluid intake (mL)	Beverage intake (mL)	Urine volume (mL)	Urine specific gravity	Urine osmolality (mOsm/kg)	Urine color
Increasing hyperhydration ↑	1-10	<290	<38.5	>3,407	>2,804	>2,070	<1.008	<320	<3
	11-25	290	38.5-39.4	2,946-3,407	2,471-2,804	1,828-2,070	1.008-1.011	320-382	3
	26-40	291-292	39.5-40.3	2,507-2,945	1,832-2,470	1,240-1,827	1.012-1.015	383-548	4
Euhydrated	41-60	293-294	40.4-41.7	2,109-2,506	1,300-1,831	951-1,239	1.016-1.020	549-705	5
	61-75	295-296	41.8-42.7	1,745-2,108	1,154-1,299	831-950	1.021-1.023	706-809	5
Increasing dehydration ↓	76-90	297-299	42.8-44.4	1,507-1,744	954-1,153	531-830	1.024-1.026	810-863	6
	91-100	>299	>44.4	<1,507	<954	<531	>1.026	>863	>6
95% CI	2.5-97.5	287-301	36.0-46.2	658-4,152	135-3,445	5-2,599	1.004-1.030	118-1,091	2-7

Tomado de Armstrong, L. E. (2012)

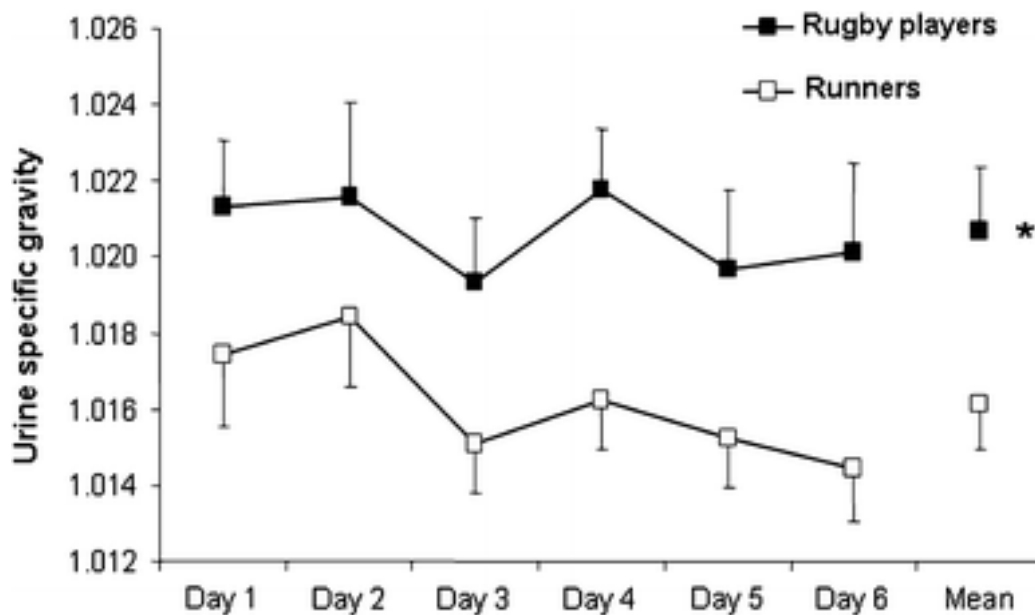
Más tarde se publicó otro estudio en el que Webb, M. C., et al (2016) sugieren que existe una relación entre el color de la orina y la diferencia de masa corporal entre los estudiantes atletas probados, además indican que el ejercicio aumenta la hipohidratación por la pérdida de líquidos asociada al ejercicio. Siguiendo la misma línea, Hamouti, N., et al (2010) comprobaron que los deportistas con

mayor masa muscular, en este caso compararon deportistas de rugby y corredores, tienen una mayor deshidratación, siendo $P < 0,05$, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3

Gravedad específica de la orina de jugadores de rugby y corredores.

Nota. Gravedad específica de la orina de la primera mañana de jugadores de rugby y corredores durante seis días consecutivos. $P < 0,05$.



Tomado de Hamouti, N. et al (2010)

1.1 Estado actual

En los últimos cinco años la hidratación como medidor de la salud, Pérez-morales, R., et al (2021) consideran que el cociente ECW/TBW posdiálisis podría ser un predictor de mortalidad por causas cardiovasculares en personas adultas que hubieran estado durante al menos un año en hemodiálisis crónica, pero sugieren que hacen falta más estudios a largo plazo para confirmar la utilidad del cociente ECW/TBW como predictores de mortalidad en este tipo de población. La relación entre ECW/ICW podría ser un indicador de salud en mujeres ancianas, además de que el aumento de este valor se asocia con una pérdida de fuerza en la prensión manual y una disminución de la velocidad de marcha como afirman Hioka, A., et al (2021).

La validez y precisión del color de la orina como medidor de la hidratación se ha continuado midiendo, Warren, A. J., et al (2018) analizan la fiabilidad de tres métodos de evaluación de la hidratación, entre los que se encuentran el color y la gravedad específica, confirman que el color de la orina es un método fiable. Por otro lado, Giannis, J. D. A., et al (2020) sugieren que además del color de la orina, la combinación de esta con el número de micciones podrían ser una buena medida además de válida para detectar niveles bajos de hidratación. Otros autores como Kostelnik, S. B., et al (2020) siguen confirmando la validez del color de la orina para medir la hidratación en adultos y deportistas, pero estos señalan que para grupos como adultos mayores o niños haría falta más estudios.

El color de la orina en ocasiones podría no ser del todo fiable o no tan preciso como han indicado otros autores, Wardenaar, F., et al (2022) sugieren que la precisión del color de la orina se ve afectada por las condiciones de la iluminación del lugar donde se analice. Por último, en la revisión de Barley, O. R., et al (2020) analizan los métodos actuales para evaluar la hidratación en atletas, donde señalan que si se utilizan métodos como el color de la orina hay que aumentar la precaución y tener cuidado debido a la poca precisión confiabilidad y sensibilidad.

2. Justificación

Actualmente el nivel de hidratación o de TBW es un factor muy importante a tener en cuenta cuando hablamos de salud o de rendimiento deportivo, al cual no se le da la importancia que tiene empeorando así la situación de las personas al paso de los años, la literatura científica nos muestra que en países de la unión europea la población se encuentra en estados de deshidratación o hipohidratación. Teniendo en cuenta los países y datos que nos muestran Malisova, O., et al (2016), Alemania con más de 83 Millones, España con más de 47 millones y Grecia con más de 10 millones de habitantes, estaríamos hablando de más de 28 millones de personas en un estado de deshidratación únicamente en estos tres países, un motivo más que suficiente para mostrar interés y preocupación sobre este tema. Si seguimos analizando la hidratación en población general y deportistas hay que tener en cuenta la época del año y las condiciones climatológicas, siendo este último de alta importancia debido al aumento progresivo de las temperaturas en las últimas décadas, Mora-rodriguez, R., et al (2016) comprueban que, como era de esperar, el calor ambiental afecta directamente a la actividad física y la hidratación, reduciendo ambas, esto provocó a la muestra del estudio una deshidratación moderada.

Hemos elegido este tema debido a la gran importancia que tiene en la sociedad actual por lo mencionado anteriormente además de ser un factor muy fácil de controlar y mejorar. Sin embargo, no solo nos queremos centrar en la hidratación general de los individuos si no, en la importancia que tiene la relación ECW/ICW/TBW, que beneficios se pueden obtener conociendo estos valores, cual tiene mayor protagonismo en el nivel de hidratación o como mejorar el agua total enfocándonos en sus compartimentos.

Por ello hemos pensado elaborar el presente estudio en el que se pueda analizar a diferentes sujetos ya que al realizar la búsqueda científica hemos observado que la mayoría de estudios se centran en el nivel de hidratación del cuerpo TBW y no en sus compartimentos ECW/ICW, en los estudios donde si se le ha dado importancia no han utilizado la escala de color como método principal de medición.

3. Objetivos e hipótesis del estudio

3.1 Objetivo principal

Analizar y comparar el nivel de hidratación medido por colorimetría de Armstrong relacionándolo con el ECW, ICW y TBW en población deportista y no deportista.

3.2 Objetivos secundarios

Comparar los resultados de ECW, ICW y TBW en población deportista y no deportista

3.3 Hipótesis

3.3.1 Alternativa:

Tanto el agua total del cuerpo como sus compartimentos tienen relación directa con el nivel de hidratación siendo necesario solo una de estas variables para medir la hidratación.

3.3.2 Nula:

No existe relación directa entre ECW/ICW/TBW de forma aislada y el nivel de hidratación.

La colorimetría de Armstrong no es un método preciso para medir la relación entre ECW/ICW/TBW y el nivel de hidratación

4. Metodología

4.1 Comité de ética

Este estudio estará sujeto a las bases marcadas por la declaración de Helsinki de la AMM “los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos Diseño” (The World Medical Association (WMA), 1964).

Debido a que el estudio se va a realizar con personas y se manejarán datos personales como edad, peso y sexo, habrá que respetar la ley de protección de datos, por lo que se realizará un cuestionario, mostrado en el anexo, en el cual se les informará del uso de sus datos y del procedimiento de la intervención el cual deberán firmar dando su consentimiento.

4.2 Diseño

El tipo de estudio es observacional transversal, el cual se realizará en su totalidad en el laboratorio de entrenamiento P101 del edificio C de la Universidad europea de Madrid en el campus de Villaviciosa de Odón.

Este estudio nos permitirá analizar la relación entre los compartimentos del agua total del cuerpo además de poder encontrar otras relaciones como las nombradas anteriormente en el apartado de objetivos.

Las características del estudio son las siguientes:

3.3.3 Estudio observacional: los investigadores únicamente se dedicarán a analizar, medir y observar las distintas variables, sin tener un control directo de la intervención

3.3.4 Estudio transversal: No existe ningún espacio de tiempo entre las distintas variables, solo se realizará una toma de datos por cada persona

4.3 Muestra y formación de grupos

La elección de la muestra del estudio se ha realizado mediante unos criterios de inclusión y exclusión sin importar su procedencia. El tamaño de la muestra se elegirá de los adultos sanos sin tener un límite ni número objetivo fijo, cuando se cumpla el tiempo de muestreo que tendrá una duración de 3 meses, duración elegida para que no haya diferencias elevadas en el clima entre primeros participantes y los últimos. Una vez analizados se distinguirán dos grupos, el grupo

de población general y el grupo de deportistas, los cuales deberán practicar deporte y permanecer a la federación de dicho deporte.

Para que los participantes puedan ser aceptados en nuestro estudio deberán cumplir los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

3.3.5 Criterios de inclusión

- Adulto sano (+18 años)
- Deportista (ficha federativa)

3.3.6 Criterios de exclusión

- Persona con cualquier tipo de enfermedad
- Personas que mantengan una ingesta de suplementación de forma regular
- Personas que estén medicándose con algún diurético o antidiurético
- Personas que vengan después de realizar cualquier tipo de entrenamiento y/o competición

4.4 Variables y material de medida

- Variables

En el presente estudio dividiremos las variables en cuantitativas y cualitativas. Todas las variables las recogerá el investigador encargado sin importar de que tipo sea. La mayoría de las variables cuantitativas serán tomadas por el investigador responsable de analizar y manipular el material de medida, a través del material del que se dispondrá en el laboratorio respetando siempre los protocolos a seguir, algunas de estas variables se obtendrán mediante el cuestionario adjuntado en anexos que los participantes deberán de rellenar antes de seguir con el resto de toma de datos. Las variables cualitativas serán en su totalidad obtenidas mediante el cuestionario mencionado anteriormente que deberán de rellenar los participantes de manera autónoma.

- Cuantitativas
 1. Hidratación de la orina medida por la colorimetría de Armstrong (1-8)
 2. Agua total del cuerpo (TBW)
 3. Agua extracelular (ECW)
 4. Agua intracelular (ICW)
 5. Peso
 6. Edad
 7. Altura
- Cualitativas
 1. Sexo
 2. Deportista (si/no)
 3. Deporte

- Material de medida

El material de medida a utilizar se encontrará dentro del laboratorio P101. Para la muestra de orina el investigador dará un recipiente específico al participante el cual deberá acercarse al servicio que se encuentra en el mismo edificio para poder rellenarlo de manera cómoda y privada, para su manipulación el investigador responsable tendrá a su disposición guantes de látex o similares, adecuados para su manipulación manteniendo la seguridad e higiene necesaria, además de contar con un fregadero donde se realizará la totalidad de la manipulación de orina para asegurar la higiene del laboratorio.

Para la otra parte de la investigación habrá un Inbody 720, herramienta de impedancia bioeléctrica, que se encontrará en el mismo laboratorio de entrenamiento pudiendo estar en el laboratorio de fisiología si algún otro investigador lo estuviera utilizando, este laboratorio se encuentra en el aula de enfrente. El Inbody 720, permanecerá desconectada salvo cuando se vaya a utilizar y deberá de desenchufarse una vez se finalice la toma de datos. Esta herramienta la manejará el investigador siendo el responsable de su correcto uso y mostrará al participante cuál es su funcionamiento y como tendrá que usarla.

Por último, dispondremos de copias de un cuestionario donde aceptaran el uso de sus datos con fines científicos además de rellenar distintas variables a tener en cuenta, las cuales están indicadas en este mismo apartado. Este cuestionario servirá para recoger diferentes variables necesarias. Este aparece en el apartado de anexos.

4.5 Procedimiento

El estudio tendrá un procedimiento pautado con límites temporales con el objetivo de que los cambios en la climatología y otros factores relacionados con la temperatura no alteren la toma de datos de los participantes, como se ha indicado anteriormente el límite de la toma de datos serán tres meses, una vez este tiempo finalice se buscará iniciar con la siguiente etapa del proyecto con la mayor rapidez posible.

Para una mejor explicación y entendimiento del estudio se mencionará a continuación los apartados que explicarán detalladamente el funcionamiento y los pasos a seguir del estudio, lo hemos dividido en las etapas de desarrollo, las tareas del equipo investigador y el lugar donde se realizará todo el proyecto, algunas de estas tres ya han sido mencionadas con anterioridad, pero en los siguientes apartados se hará una explicación exhaustiva en los cuales habrá elementos gráficos además de las indicaciones redactadas necesarias.

- Etapas de desarrollo

Una vez tengamos la primera parte del estudio formada conociendo el diseño de este, deberemos de tener claro los criterios de inclusión y exclusión que los participantes deberán de cumplir para la formación de grupos. También habrá que diferenciar las variables planteadas para saber cómo se a analizar cada una de ellas y finalmente concretar el material de medida que se utilizará durante el estudio, así como los datos necesarios previos.

A continuación, se muestra una tabla en la que se relaciona las etapas que tendremos en el desarrollo con el procedimiento a seguir en cada una de ellas y con los profesionales necesarios para llevarlas a cabo, los cuales estarán nombrados más detenidamente en un aparato posterior. Para poder completar cada una de estas etapas de desarrollo el personal responsable tendrá que tener claro los criterios de inclusión y exclusión, las variables a tener en cuenta para poder discriminar el resto de variables que aporta el Inbody 720 además del uso de cada una de las herramientas y el lugar de almacenamiento de las mismas.

Tabla 1
Etapas de desarrollo del estudio.

Nota. Tabla señalando las diferentes etapas de desarrollo que tendrá el estudio, se explica brevemente en cada una de ellas el procedimiento a seguir y que profesional se encargará de realizarla. I.P. (investigador principal) A.I. (ayudante investigador), E.P. (Estadístico principal)

Etapa	Desarrollo	Profesional necesario
1	Reunirse y presentar el proyecto a los encargados de la universidad para usar sus instalaciones.	I.P.
2	Búsqueda de participantes dentro y fuera de la universidad mediante carteles y redes sociales. Indicando los criterios de inclusión y exclusión.	A.I.
3	Toma de datos de las variables indicadas anteriormente.	A.I.
4	Extracción y discriminación de las variables y sus datos necesarios de la herramienta Inbody 720 y agrupar todas las variables.	A.I., I.P.
5	Análisis de datos obteniendo los resultados en busca de nuestros objetivos e hipótesis alternativa.	E.P., I.P.
6	Redactar los resultados y discusión de la manera más objetiva posible, finalizando con la conclusión en la cual se interpretarán los resultados.	I.P.

Elaboración propia.

- Tareas del equipo investigador

El equipo investigador estará formado únicamente por tres profesionales, uno de ellos será un graduado en CAFyD que actuará como investigador y autor principal del estudio, otro será el ayudante investigador, este será otro graduado en CAFyD el cual también será investigador y autor, pero tendrá otro papel. Por último, tendremos a un estadístico graduado en estadística.

En primer lugar, el presente estudio contará con el investigador y autor principal, éste es un graduado de ciencias de la actividad física y deporte, será el máximo responsable del proyecto teniendo como labores organizar todo desde la negociación del espacio con sus debidos horarios para la toma de datos (etapa1), será el encargado de mantener una supervisión activa sobre el resto de etapas y compañeros del estudio, siendo así el máximo responsable durante los meses que este tenga de duración. Por último, este participará en la extracción y análisis de datos las cuales están marcadas por la etapa 4 y 5, además de tener que redactar los resultados y conclusiones obtenidas.

Por otro lado, tendremos al investigador ayudante, este será otro graduado de CAFyD al igual que el investigador principal, pero su trabajo será más técnico teniendo a su vez menos responsabilidad. Este investigador será el encargado de la búsqueda activa de participantes y de la toma de datos en su totalidad, teniendo que tratar con todas las personas a las cuales les tendrá que explicar el procedimiento a seguir para asegurar el correcto funcionamiento de todos los apartados, al ser el encargado de toma de datos será el único investigador que esté en contacto con las muestras de orina lo cual lo tendrá que hacer con la mayor delicadeza para conservar la higiene del cetro. Además, este investigador participará junto al principal en la extracción y discriminación de datos del Inbody 720, estos datos se pasarán a un Excel y se juntarán con el resto de variables necesarias mencionadas en apartados anteriores.

Por último, tenemos al tercer investigador y estadístico, este será un graduado de estadística aplicada y será el encargado principal del análisis de datos, extrayendo los resultados encontrados en el estudio y participando junto al investigador principal en el manejo de estos datos. Además, será el encargado de clasificar las

variables y organizarlas junto a los datos en el programa SPSS, en el cual buscará el promedio y la desviación estándar mediante una campana de Gauss. Para finalizar tendrá que compartir los datos con el resto de equipo de investigación.

- Lugar de realización del estudio

El lugar escogido para la realización del estudio en su totalidad ha sido el campus de Villaviciosa de la Universidad Europea de Madrid, en el edificio C, el edificio principal del grado de ciencias de actividad física y deporte además de fisioterapia y otras actividades como formación profesional, y diversos deportes. El lugar escogido principalmente es el laboratorio de entrenamiento, es el aula P101 y se sitúa en el pasillo de la primera planta en frente del laboratorio de fisiología, el cual también se podrá utilizar en casos puntuales si fuera necesario por la ocupación del laboratorio de entrenamiento por profesores que tengan que impartir clases o por otros investigadores que estén trabajando.

Por otro lado, la universidad tiene un horario muy amplio, pero nosotros estaremos disponibles de manera presencial por la mañana entre las 9:00 y las 13:00 horas, mientras que por la tarde el horario será entre las 16:00 y las 20:00 los primeros días para organizar el estudio y todo lo relacionado con este teniendo como objetivo organizar todo el proyecto con la mayor brevedad posible. Una vez se haya finalizado la primera etapa, los participantes y los investigadores tendrán que acordar una fecha y un horario para poder realizar la toma de datos en el laboratorio. Aunque el horario será flexible habrá que acordar la hora con tiempo suficiente para poder reservar el laboratorio.

Para la parte del estudio más teórica haciendo referencia a la lectura científica y elaboración del estudio se tendrá una ubicación dentro de la universidad para poder trabajar de forma cómoda y privada, la zona a negociar será una sala privada que se sitúa dentro del laboratorio de fisiología donde se podrá mantener la privacidad, otra de las opciones a valorar será otro de los laboratorios que se sitúan en el mismo pasillo.

Por último, el laboratorio siempre estará cerrado a no ser que haya un responsable dentro, que, en la mayoría de los casos es un profesor de dicha facultad, esto quiere decir que si alguna persona quiere participar o informarse tendrá que hacerlo vía

online mediante un correo electrónico o de forma presencial en el caso de que coincida con uno de los tres investigadores ya sea en el laboratorio de entrenamiento o de fisiología. En la misma facultad habrá carteles informativos para que los interesados puedan informarse de como contactar con uno de los investigadores.

4.6 Análisis de datos

Una vez se finalice la recogida de datos y se proceda a su debido análisis, habrá que tener en cuenta las variables del estudio indicadas anteriormente (nivel de hidratación, agua intracelular, extracelular, agua total, peso, edad, sexo, edad, altura, deportista y si es así, deporte practicado), varias de estas variables serán recogidas en la entrevista o cuestionario inicial, que realizará el investigador ayudante en la tercera etapa del proyecto, el resto de variables serán recogidas mediante los materiales de medida en la misma etapa y por el mismo investigador. Todas estas variables se anotarán en el momento de la toma de datos en un Excel al cual se le unirán los datos extraídos por el Inbody 720 que necesitemos, para más tarde extraer estos datos e incluirlos en el SPSS que será manejado por el estadístico y el investigador principal para más tarde proceder a la interpretación de los resultados.

Por otro lado, el analista se encargará de dividir los datos de las variables en dos grupos principales, uno será el grupo de deportistas y otro el de no deportistas, además tendrá que tener en cuenta la posibilidad de que los participantes con un gran desarrollo de la masa muscular pueden dar valores subestimados como se mencionó en apartados anteriores, en este caso habrá que señalar muy bien la desviación estándar.

Para nuestras variables cuantitativas se utilizarán pruebas paramétricas, estas serán:

- **Media:** Servirá para calcular el valor medio de nuestras variables, pero no se podrá olvidar los valores extremos ya que seguirán siendo parte de la población.
- **Desviación estándar:** Esta prueba nos indica cuanto se alejan los valores de la media, nos servirá para tener en cuenta los valores extremos
- **Error estándar:** Nos ayuda a saber cómo se ajusta la media calculada a la muestra del estudio.

5. Equipo de investigación

Tabla 2

Esquema del personal implicado en el estudio con sus respectivas tareas y formación.

Etapa	Nombre	Profesional	Formación	Función
1	C.J.	Investigador principal	Grado en ciencias de la actividad física y deportista	Participará como investigador principal, el responsable y organizador del estudio. Se encargará de que todo siga el procedimiento adecuado
2	J.B.	Investigador ayudante	Grado en ciencias de la actividad física y deportista	Participará como investigador ayudante, será el encargado principal de la recogida de datos y de participantes además de ayudar al investigador principal
3	L.A.	Estadístico	Grado en estadística aplicada	Participará como estadístico, será el responsable del apartado de análisis de datos y con ayuda del investigador principal interpretar los resultados obtenidos.

Elaboración propia.

6. Viabilidad del estudio

La viabilidad del presente estudio en base al apartado económico, es un proyecto con un coste moderado, teniendo que hacer una pequeña inversión para comprar las herramientas de medida necesarias, pero en este caso que el estudio se realiza en la universidad europea de Madrid el coste es muy reducido ya que disponen de todas estas herramientas. El único inconveniente que podría aparecer es que las herramientas o instalaciones estén ocupadas por otros investigadores o docentes, ya que la universidad tiene mucha afluencia de alumnos los cuales se están formando con las herramientas que proporciona la universidad.

En cuanto al ámbito social, la deshidratación es un factor muy presente en la sociedad actual debido a los malos hábitos alimenticios y al sedentarismo que es un claro precursor de este problema que sufre un incremento exponencial a lo largo de los años. El estudio como solo tiene una toma de datos, los participantes no tendrán problemas de abandono del proyecto ya que solo se necesitará que acudan una vez al centro donde se realizarán las pruebas. Con esto buscamos ayudar a futuros estudios y al progreso de la literatura científica que aborde este tema, además de buscar y mejorar el control de la hidratación de una manera más precisa teniendo en cuenta los compartimentos y a cuál dedicarle nuestro mayor interés. Dentro de las limitaciones sociales que podremos encontrar serán pacientes que acudan después de finalizar un entrenamiento muy fatigante, aunque hayan pasado más de 24 horas el daño muscular y la acidosis podría afectar a las mediciones, otro posible problema serían los pacientes con un gran desarrollo muscular los cuales probablemente den datos alejados de la media aumentando así la desviación estándar.

Por último, en el ámbito medioambiental, el estudio se llevará a cabo en su totalidad en un lugar cerrado con suficiente luz natural pero en ocasiones será necesario utilizar la luz de la instalación, una de las herramientas también estará conectada a la red eléctrica en todo momento que esté en funcionamiento, por otro lado las muestras de orinas se recogerán con recipientes de plástico y probetas también de plástico que se deberán de tirar en su totalidad en un recipiente que se cerrará herméticamente y se tratarán de la misma manera que residuos químicos o

sanitarios, estos recipientes también de plástico una vez se cierran no se podrá abrir y habrá que utilizar otra nueva. Por último, todo el material que sea posible será reutilizado para evitar un mal uso fomentando la contaminación y en ninguno de los casos la orina se podrá tirar en el fregadero del que disponemos.

7. Referencias

- Kyle, U. G., Bosaeus, I., Lorenzo, A. D. De, Manuel, G., Lilienthal, B., Kent-smith, L., Melchiori, J-C., Pirlich, M., Scharfetterk, H., Scholsl, A.M.W.J., Pichardm, C., Group, W., Composition of the ESPEN Working Group. (2004). *Bioelectrical impedance analysis F part I: review of principles and methods*. 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
- Garza, N. E. F. (2015). Medición de los compartimientos líquidos corporales utilizando el método de dilución. In *Manual de laboratorio de fisiología, 6e*. Recuperado de: <http://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?aid=1124913160>
- Pérez-morales, R., Donate-correa, J., Martín-núñez, E., Ferri, C., López-montes, A., Jiménez-sosa, A., ... Jim, A. (2021). Extracellular water / total body water ratio as predictor of mortality in hemodialysis patients. *Renal Failure*, 43(1), 821–829. <https://doi.org/10.1080/0886022X.2021.1922442>
- Hioka, A., Ph, D., Akazawa, N., Ph, D., Okawa, N., Nagahiro, S., & Ph, D. (2021). Increased total body extracellular-to-intracellular water ratio in community-dwelling elderly women is associated with decreased handgrip strength and gait speed. *Nutrition*, 86, 111175. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111175>
- Ping, J., Hong, T., Feng, W., Du, H., & Wang, T. (2016). The standard deviation of extracellular water / intracellular water is associated with all - cause mortality and technique failure in peritoneal dialysis patients. *International Urology and Nephrology*, 48(9), 1547–1554. <https://doi.org/10.1007/s11255-016-1371-3>
- Taniguchi, M., Yamada, Y., Fukumoto, Y., & Sawano, S. (2017). Increase in echo intensity and extracellular - to - intracellular water ratio is independently associated with muscle weakness in elderly women. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3686-x>
- Meleleo, D., Bartolomeo, N., Cassano, L., Nitti, A., Susca, G., Mastrototaro, G., ... Devito, F. (2017). Evaluation of body composition with bioimpedence. A

comparison between athletic and non-athletic children. 1391(March).
<https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1291750>

Silva, A. M., Fields, D. A., Heymsfield, S.B., Sardinha, L. B. (2011). Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. 25(9)/2488–2495. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181fb3dfb

Taylor, P., Ribeiro, A. S., Avelar, A., Schoenfeld, B. J., Dias, R. M. R., Leandro, R., & Cyrino, E. S. (2014). European Journal of Sport Science Resistance training promotes increase in intracellular hydration in men and women. (August), 37–41. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.880192>

Arnaotis, G., Kavouras, S.S., Angelopoulou, A., Skoulariki, C., Bimpikou, S., Mourtakos, S., Sidossis, L. S. (2015) Fluid balance during training in elite young athletes of different sports. Journal of Strength and Conditioning Research, 29(12), 3447–3452. <https://dx.doi.org/10.1519%2FJSC.0000000000000400>

Kostelnik, S. B., Davy, K. P., Hedrick, V. E., Thomas, D. T., Davy, B. M., Kostelnik, S. B., ... Davy, B. M. (2020). The Validity of Urine Color as a Hydration Biomarker within the General Adult Population and Athletes: A Systematic Review The Validity of Urine Color as a Hydration Biomarker within the General Adult Population and Athletes: A Systematic Review. Journal of the American College of Nutrition, 0(0), 1–8. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1750073>

Malisova, O., Athanasatou, A., Pepa, A., Husemann, M., Domnik, K., Braun, H., Mora-Rodriguez, R., Ortega, J.F., Fernandez-Elías V., E., Kapsokefalou, M. (2016). Water Intake and Hydration Indices in Healthy European Adults: The European Hydration. Nutrients ,1–12. <https://doi.org/10.3390/nu8040204>

Esayed, S. A. E, (2021). Factors Affecting Change of the Urine Color as a Hydration Indicator among Critically Ill Patients. 12(4). DOI: 10.21608/EJHC.2021.209614

- Kovacs, E. M., Senden, J. M., & Brouns, F. (1999). Urine color, osmolality and specific electrical conductance are not accurate measures of hydration status during postexercise rehydration. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 39(1), 47–53.
- Warren, A. J., Brien, M. S. O., & Smith, D. B. (2018). Reliability of three urinalysis methods used in the assessment of hydration. 2(2), 100–105.
- Giannis, J. D. A., Evan, A., Lisa, C. J., & Bougatsas, D. (2020). Combining urine color and void number to assess hydration in adults and children. *European Journal of Clinical Nutrition*. <https://doi.org/10.1038/s41430-020-00834-w>
- Barley, O. R., Chapman, D. W., & Abbiss, C. R. (2020). Reviewing the current methods of assessing hydration in athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17(1), 52. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00381-6>
- Fernández-Elías, V. E., Martínez-Abellán, A., López-Gullón, J. M., Morán-Navarro, R., Pallarés, J. G., De la Cruz-Sánchez, E., & Mora-Rodriguez, R. (2014). Validity of hydration non-invasive indices during the weightcutting and official weigh-in for Olympic combat sports. *PloS one*, 9(4), e95336. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095336>
- Webb, M. C., & Salandy, S. T. (2016). Monitoring hydration status pre- and post-training among university athletes using urine color and weight loss indicators. 8481(May). <https://doi.org/10.1080/07448481.2016.1179195>
- Warden Aar, F., Armistead, S., Boeckman, K., Butterick, B., Youssefi, D., Thompsett, D., & Vento, K. (2022). Validity of Urine Color Scoring Using Different Light Conditions and Scoring Techniques to Assess Urine Concentration. 57(2), 191–198. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0389.21>
- Armstrong, L. E., Johnson, E. C., Munoz, C. X., Swokla, B., Bellego, L. Le, Jimenez, L., ... Maresh, C. M. (2012). Consumption of Women. *JAND*, 112(7), 1056–1061. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2012.03.036>

- Armstrong, L. E. (2005). Hydration Assessment Techniques. 63(6).
<https://doi.org/10.1301/nr.2005.jun.S40>
- Mora-rodriguez, R., Ortega, J. F., Fernandez-Elías, V. E., Kapsokefalou, M., Malisova, O., Athanasatou, A., Husemann, M., Dominik, K., Braun, H. (2016). Influence of Physical Activity and Ambient Temperature on Hydration: The European Hydration. 1–13. <https://doi.org/10.3390/nu8050252>
- Hamouti, N., Del, J., Andrea, C., & Mora-rodriguez, R. (2010). Effects of athletes' muscle mass on urinary markers of hydration status. 213–219.
<https://doi.org/10.1007/s00421-009-1333-x>
- Martinoli, R., Mohamed, E. I., Maiolo, C., Cianci, R., Denoth, F., Salvadori, S., & Iacopino, L. (2003). Total body water estimation using bioelectrical impedance: a meta-analysis of the data available in the literature. 203–206.
<https://doi.org/10.1007/s00592-003-0066-2>

8. Anexos

- *Cuestionario inicial*

Nombre	
Edad	
Sexo	
Altura	
Deportista (días)	
Deporte	
<p><i>Yo ___ a día ___ acepto que todos los datos personales relacionados con el presente estudio sean publicados y utilizados con fines científicos y educativos. FDO___</i></p>	

- *Tabla de colores de Armstrong*

