

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



INFLUENCIA DE LA NUTRICIÓN EN LA DISBIOSIS INTESTINAL,

EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LAS LESIONES MUSCULARES.

ESTUDIO PILOTO.

AUTOR: Molina Díaz, Adrián.

Nº EXPEDIENTE: 1653

TUTOR: Sánchez Guillen, Luis.

COTUTOR: Vicente Salar, Néstor.

COLABORADORES: Álvaro Soler-Silva y Antonio Galiana

CURSO ACADÉMICO: 2020-2021.

CONVOCATORIA: Junio 2021.

1. RESUMEN	1
1. ABSTRACT	2
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. MICROBIOTA INTESTINAL	3
2.2. MICROBIOTA, DIETA Y EJERCICIO	5
2.3. MICROBIOTA Y DEPORTE DE ÉLITE	6
2.4. MICROBIOTA Y LESIONES MUSCULARES	6
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	8
3.1. OBJETIVO PRINCIPAL	8
3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS	9
4. MATERIAL Y MÉTODOS	10
4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO	10
4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO	10
4.2.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE JUGADORES	11
4.3. RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE HECES	11
4.4. VARIABLES DE ESTUDIO	12
4.4.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	12
4.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES	12
4.5. EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD MICROBIANA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	13
5. RESULTADOS	14
5.1. MICROBIOTA INTESTINAL	14
5.2. DATOS DEMOGRÁFICOS Y ANTROPOMÉTRICOS	15
5.3. FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS	17
5.4. LESIONES SUFRIDAS	18
5.5. NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA Y TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN	20
5.6. ESTADO DE ANSIEDAD Y AUTOCONFIANZA	22
6. DISCUSIÓN	24
7. CONCLUSIONES	30
8. ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS	31
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La composición microbiana intestinal de atletas difiere de la de personas sedentarias, siendo la dieta, el ejercicio físico y el estrés factores decisivos en la calidad de esta. Sin embargo, no está claro hasta qué punto los atletas de élite y los atletas semiprofesionales poseen diferentes patrones en su microbiota y si estos factores tienen una influencia significativa en el número de lesiones musculares y, por lo tanto, en su rendimiento deportivo.

MÉTODOS: Estudio piloto en jugadores de fútbol. Se estudió la composición de la microbiota mediante la secuenciación de ARNr 16S para mostrar qué microorganismos están presentes en la microbiota intestinal de jugadores de fútbol profesionales y semiprofesionales. Se han estudiado variables como la nutrición, el grado de actividad física y número de lesiones de cada jugador para determinar si existen diferencias significativas entre estos dos grupos y de qué manera puede afectar la microbiota en el número de lesiones musculares.

RESULTADOS: La especie *Faecalibacterium* fue la más frecuente en ambos grupos aunque la diversidad microbiana hacia otras especies menos beneficiosas fue mayor en los futbolistas semiprofesionales. Ambos grupos presentaron un IMC de 23, una alta calidad en la estrategia nutricional con mayor flexibilidad de alimentos para el grupo semiprofesional y una baja tasa de lesión muscular. El grupo de profesionales presentó menor ansiedad precompetición y una mayor carga de ejercicio físico.

CONCLUSIONES: La abundancia relativa de *Faecalibacterium* puede correlacionarse con una baja tasa de lesión muscular en futbolistas profesionales y semiprofesionales, donde la nutrición puede ejercer un papel fundamental.

PALABRAS CLAVE: Microbiota, Deporte, Nutrición, Lesiones Deportivas, Fútbol.

1. ABSTRACT

INTRODUCTION: The intestinal microbial composition of athletes differs from that of sedentary people, being diet, physical exercise and stress decisive factors in its quality. However, it is not clear to what extent elite athletes and semi-professional athletes have different patterns in their microbiota and whether these factors have a significant influence on the number of muscle injuries and therefore on their sports performance.

METHODS: Pilot study in soccer players. The composition of the microbiota was studied by 16S rRNA sequencing to show which organisms are present in the gut microbiota of professional and semi-professional soccer players. Variables such as nutrition, the degree of physical activity and the number of injuries of each player have been studied to determine if there are significant differences between these two groups and how the microbiota can affect the number of muscle injuries.

RESULTS: The *Faecalibacterium* species was the most frequent in both groups, although the microbial diversity towards other less beneficial species was higher in semi-professional soccer players. Both groups presented a BMI of 23, a high quality in the nutritional strategy with greater food flexibility for the semi-professional group and a low rate of muscle injury. The group of professionals presented less pre-competition anxiety and a greater load of physical exercise.

CONCLUSIONS: The relative abundance of *Faecalibacterium* can be correlated with a low rate of muscle injury in professional and semi-professional soccer players, where nutrition can play a key role.

KEY WORDS: Microbiota, Sports, Nutrition, Sports Injuries, Soccer.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. MICROBIOTA INTESTINAL.

La microbiota intestinal constituye el conjunto de microorganismos que se encuentran en el tracto intestinal. Desde que en 1861 Louis Pasteur descubrió las bacterias intestinales anaerobias, se ha avanzado notablemente en el estudio de las mismas, sobre todo gracias al desarrollo de técnicas metagenómicas como el análisis de ADN bacteriano (secuenciación del gen 16s ARNr y ADNr) mediante secuenciación del material genético donde podemos estudiar genomas completos de microorganismos de manera más rápida y precisa (1).

Los filos *Bacteroidetes* (25%) y *Firmicutes* (60%) constituyen las poblaciones más numerosas con una proporción menor de hongos, protozoos, archeas, virus y otros microorganismos. Se ha observado una gran variabilidad en la microbiota tanto a nivel interpersonal como en su localización, siendo solo un pequeño número de especies común en todas las personas (2). **(Figura 1)**

Así, la distribución de la microbiota no es igual en todo el tubo digestivo, siendo prácticamente inexistente en el esófago y teniendo la mayor concentración de microorganismos en el colon (90%), ya que el tránsito intestinal aquí es más lento y la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos es mayor (3).

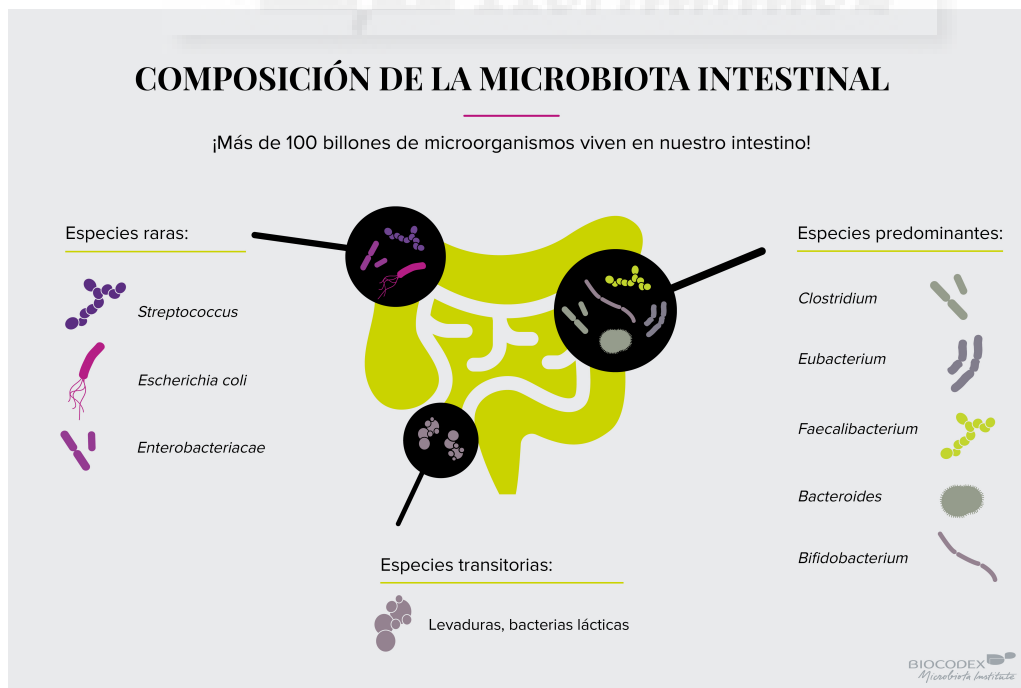


Figura 1. Composición de la microbiota intestinal.
Disponibile en: <https://www.biocodexmicrobiotainstitute.com/es/intestinal>

Como hemos comentado anteriormente, la microbiota no es igual en todas las personas, ya que existen numerosos factores que pueden alterarla como factores genéticos, vía de nacimiento (parto o cesárea), toma de antibióticos, así como el tipo de alimentación al nacer, durante la infancia y la adolescencia, además del ejercicio o actividad física y el estrés (4). **(Figura 2)**

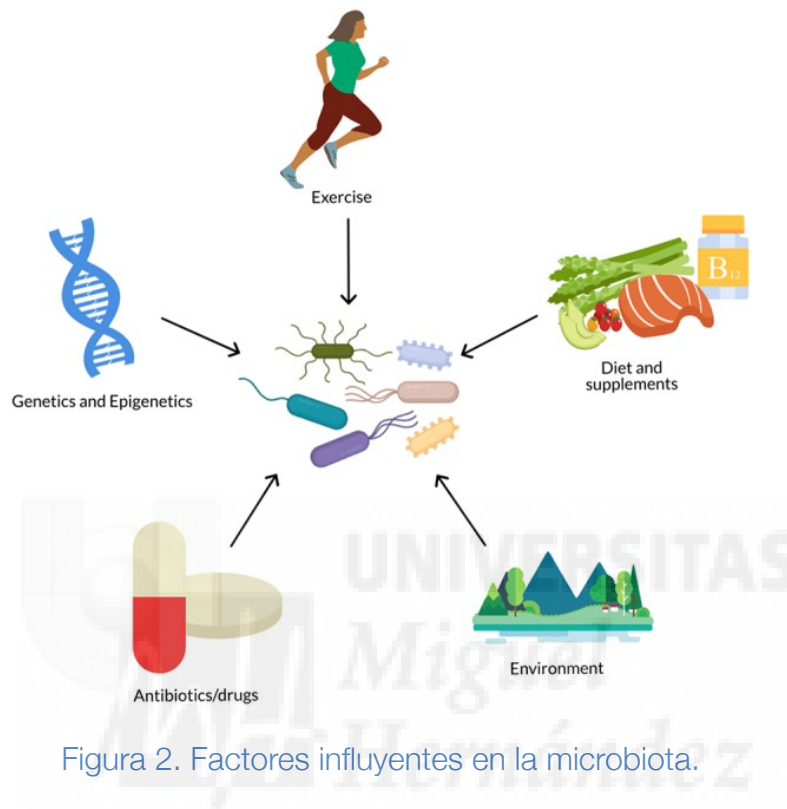


Figura 2. Factores influyentes en la microbiota.

Disponible en: Hughes RL. A review of the role of the gut microbiome in personalized sports nutrition. *Front Nutr.* 2019;6:191.

La microbiota ejerce gran influencia sobre el huésped debido a su importante función en el mantenimiento de la homeostasis inmunológica, metabólica y actuando de protección ante patógenos. Por lo que cuando factores como los comentados anteriormente alteran nuestra composición bacteriana se produce lo que llamamos disbiosis, es decir, disminuye el número de bacterias beneficiosas dando paso al crecimiento de microorganismos patógenos, asociándose con un gran número de enfermedades infecciosas e inflamatorias que van desde enfermedades gastrointestinales crónicas hasta trastornos del neurodesarrollo (5). Así pues, la disbiosis está asociada a enfermedades como diabetes tipo II (6), cáncer (7), síndrome del intestino irritable (8) e hipertensión (9).

2.2. MICROBIOTA, DIETA Y EJERCICIO.

Dos de los factores que más influyen en la microbiota humana son la dieta y el ejercicio físico. Ambos factores poseen la capacidad de producir cambios en la microbiota intestinal, mejorando o empeorando así el estado de salud. Recientes estudios internacionales sobre los efectos del cambio dietético en la microbiota intestinal, consideran la nutrición el principal factor externo que puede modificarla, por delante del descanso, actividad física y ritmos circadianos o reloj biológico (10). Estos factores influyen en la microbiota tanto sinérgicamente como por separado. Un estudio realizado en individuos con diferentes condiciones físicas y dietas comparables demostró que independientemente de la dieta, el ejercicio estaba aumentando la diversidad microbiana intestinal, donde además los sujetos que más en forma estaban mostraron mayor cantidad de taxones productores de *Butirato*, un indicador de salud intestinal. Por lo que el ejercicio controlado podría utilizarse como apoyo terapéutico para tratar la disbiosis (11). De manera similar, Zhong (12) aleatorizaron a catorce mujeres inactivas sin patologías crónicas a grupo de ejercicio y grupo control, donde el grupo de ejercicio realizó un programa de ejercicio terapéutico multicomponente combinando aeróbico y fuerza obteniendo como resultado que el programa de ejercicio terapéutico puede mejorar la función física y esta indujo un cambio parcial en la microbiota consistente en el incremento relativo de bacterias beneficiosas para la salud. Por lo tanto, el ejercicio puede incrementar la abundancia de bacterias con carácter anti-inflamatorio y disminuir la abundancia de bacterias con carácter pro-inflamatorio. En otro estudio con jugadores de rugby profesionales masculinos y un grupo de controles de índice de masa corporal (IMC) altos (>28 kg/m²) y bajos (<25 kg/m²) dónde se comparó la composición de la microbiota inducida por el ejercicio y la dieta mediante secuenciación de ARNr 16S para demostrar diferencias taxonómicas, obteniéndose como resultados una microbiota más diversa, marcadores inflamatorios más bajos y mejores marcadores metabólicos de los jugadores de rugby en relación con el grupo control (13). Años más tarde este mismo estudio se reexaminó mediante la secuenciación de escopeta metagenoma para dar una visión más funcional y metabólica, obteniendo resultados aún más pronunciados entre los grupos de estudio, por lo que confirma con mayor seguridad la mejora de la diversidad microbiana de los atletas en comparación con los grupos control (14).

2.3. MICROBIOTA Y DEPORTE DE ÉLITE.

El microbioma intestinal posee la capacidad de producir energía, modular el sistema inmune e influir en las capas de mucosa intestinales y en el cerebro, pudiendo realizar un papel importante en la salud y el rendimiento deportivo de los atletas. Además puede tener influencia en el rendimiento deportivo y en la recuperación tras eventos exigentes (14).

Los atletas de élite poseen adaptaciones fisiológicas y metabólicas como fuerza, capacidad aeróbica, producción de calor, gasto de energía o potencia muscular en comparación con sujetos sanos, por lo que el estudio de la microbiota en estos sujetos puede proporcionar resultados sorprendentes para su rendimiento y eficacia deportiva.

Diversos estudios han evaluado estos factores en algunas poblaciones de deportistas, como los ciclistas profesionales (15) y descubriendo el género *Veillonella atypica* en corredores tras una maratón con un aumento significativo del tiempo de ejecución en una cinta de correr tras su inoculación en ratones, mejorando por lo tanto su rendimiento deportivo (16).

Así pues, la microbiota se une a los detalles que marcan la diferencia entre ser de los mejores atletas del mundo o ser un atleta más.

2.4. MICROBIOTA Y LESIONES MUSCULARES.

Como hemos comentado anteriormente, la actividad física moderada tiene numerosos beneficios en la microbiota intestinal de las personas, un sobreentrenamiento continuo y excesivo, como el que mantienen los deportistas de élite, puede alterar la homeostasis de la microbiota, dando lugar a la disbiosis intestinal, producido por un aumento de bacterias potencialmente dañinas, como *Peptostreptococcus*, *Staphylococcus*, *Peptoniphilus*, *Acidaminococcus* y *Fusobacterium*, y una disminución de especies antiinflamatorias como *Bacteroides*, *Faecalibacterium*, *Collinsella* y *Roseburia* influyendo indirectamente en la adaptación muscular al entrenamiento a través de la modulación de las vías inflamatorias y procesos anabólicos y catabólicos. Todo esto influye en el deterioro de la función muscular por lo tanto disminuye la capacidad de almacenar glucógeno muscular y se produce una reducción de las funciones mitocondriales, induciendo a lesiones musculares y por tanto disminuyendo el rendimiento de los deportistas de élite (17). **(Figura 3)**

La disbiosis o el aumento de permeabilidad intestinal produce un ambiente inflamatorio, que provoca alteraciones en la absorción de nutrientes como los aminoácidos, provoca alteraciones de la sensibilidad a la insulina y síntesis de vitaminas, siendo estos factores muy importantes para la generación de masa muscular y la resistencia al estrés provocado por los entrenamientos y la competición. Una microbiota saludable genera ácidos grasos de cadena corta (propionato, acetato y butirato), junto a ácidos biliares que tienen un papel fundamental en el balance catabolismo-anabolismo muscular y, por lo tanto, en la función y cantidad de masa muscular de los futbolistas (18).

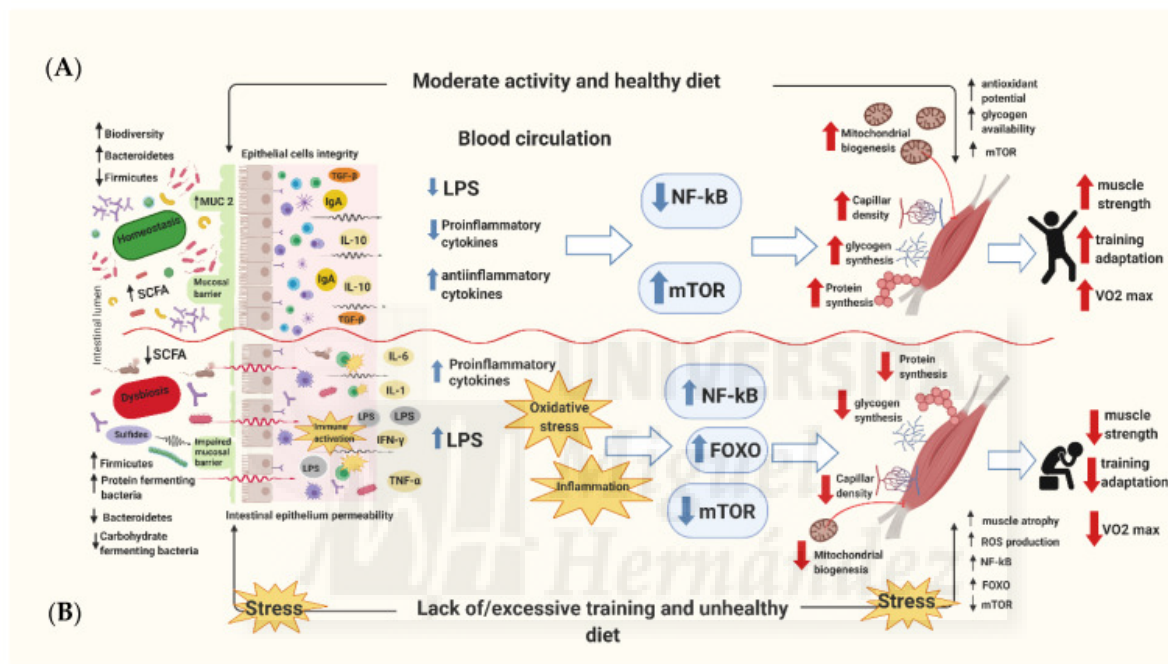


Figura 3. Diagrama dieta saludable y ejercicio moderado vs dieta no equilibrada y esfuerzo físico excesivo (17).

- (A) Dieta adecuadamente equilibrada y un ejercicio moderado muestran efectos beneficiosos en la función muscular esquelética al reducir el estrés oxidativo y el estado inflamatorio. Conduce a mayor almacenamiento de glucógeno muscular.
- (B) Dieta inadecuadamente equilibrada y un esfuerzo físico insuficiente o excesivo conduce a un aumento de los marcadores de estrés inflamatorio y oxidativo, una disminución de la capacidad de almacenar glucógeno muscular, así como la atrofia muscular y la mayor acumulación de grasa corporal.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La dieta y el ejercicio físico son factores que influyen en la microbiota y, pese a los grandes avances en los últimos años respecto al mundo de la microbiología intestinal y la influencia que tiene en el deporte, existen pocos estudios relacionados con el deporte de élite.

La mayoría de estudios existentes se centran principalmente en diferenciar la microbiota entre atletas y controles sedentarios, por lo que es difícil diferenciar patrones taxonómicos y funcionales en la microbiota intestinal entre atletas de élite y atletas semiprofesionales, incluso dentro del mismo deporte. Esta información podría ser muy significativa para descubrir el potencial de jóvenes candidatos a la élite profesional, descubrir posibles taxones microbianos que inducen a las lesiones musculares además de proporcionar nuevos enfoques para la regulación de una microbiota determinada a través de la alimentación que mejore el rendimiento en un deporte específico.

Específicamente, no se han descrito estudios en jugadores profesionales y semiprofesionales de fútbol para estudiar su microbiota y ver la relación de esta con el rendimiento deportivo y las lesiones musculares sufridas.

Por lo tanto, es desconocido si la microbiota intestinal de jugadores de fútbol de élite tiene influencia en su rendimiento deportivo y lesiones y si difiere de la de futbolistas semi profesionales.

Nuestra hipótesis es que una disbiosis intestinal con mayor número de bacterias patógenas puede influir negativamente en el rendimiento provocando un mayor número de lesiones debido a la alteración del equilibrio en la microbiota.

Esta hipótesis podemos desglosarla en los siguientes objetivos más específicos:

3.1. OBJETIVO PRINCIPAL.

Evaluar la influencia de la microbiota y la dieta de jugadores profesionales de fútbol (1ª División de fútbol española) y jugadores semiprofesionales (3ª División de fútbol española) y su relación con las lesiones musculares y el rendimiento deportivo.

3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS.

- Analizar las diferencias en la microbiota en función de su categoría profesional y su exigencia deportiva.
- Evaluar diferencias en la taxonomía de la microbiota según la composición corporal de los futbolistas.
- Identificar las variaciones de la microbiota relacionadas con la ansiedad y el estrés.
- Objetivar diferencias en la microbiota según las pautas nutricionales de cada grupo.



4. MATERIAL Y MÉTODOS.

4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.

Estudio piloto sobre la composición de la microbiota intestinal y su relación con las lesiones y el rendimiento deportivo en jugadores de fútbol, a partir de las muestras de heces, datos demográficos, dietéticos y número de lesiones sufridas por jugadores profesionales de Primera División de la Liga de Fútbol Profesional española y jugadores semiprofesionales de Tercera División en la temporada 2020/2021.

El estudio ha sido admitido por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el COIR para TFGs: TFG.GFI.LSG.AMD.210319

Previo al estudio se ha revisado la información reciente relacionada con nuestro estudio, obtenida en las bases de datos PubMed y Scopus.

Hemos analizado esta información para poder estudiar las posibles similitudes y diferencias con respecto a los resultados de nuestro estudio.

4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.

Para comenzar a estudiar la relación entre el rendimiento, los hábitos dietéticos y la microbiota en los deportistas, razonamos que los futbolistas profesionales y semiprofesionales con diferentes niveles de condición física y rendimiento serían un grupo de estudio óptimo. Estudiamos un equipo de fútbol que milita en 1ª División de la Liga de Fútbol Profesional española y otro que lo hace en 3ª División.

Dividimos a los grupos de estudio según el equipo al que pertenecen, considerando a los jugadores pertenecientes al primer equipo como futbolistas profesionales compitiendo en la 1ª División de la Liga de Fútbol Profesional española y a los jugadores del segundo equipo como futbolistas semiprofesionales, los cuales compiten en 3ª División española de fútbol, todos ellos sujetos masculinos.

Todos los sujetos de estudio y personal técnico de ambos equipos aceptaron la participación en el estudio. Todos los sujetos dieron su consentimiento informado (**Anexo**) por escrito antes de poner en marcha el estudio, pudiendo retirar su consentimiento en cualquier momento.

Los datos han sido seudononimizados, asignando un código identificativo a cada sujeto, de manera que la identificación posterior por parte del investigador principal es posible (mediante numeración en

el caso de los futbolistas de élite y con ordenación alfabética en el caso de los semiprofesionales). Por otro lado, todos los datos han sido recogidos de manera presencial u online.

4.2.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE JUGADORES.

Criterios de inclusión:

1. Jugadores con edad superior o igual a 18 años.
2. Jugadores que autoricen la inclusión en el estudio, mediante la firma del consentimiento informado.

Criterios de exclusión:

1. Jugadores que no sigan las mismas pautas nutricionales desde principio de temporada.
2. Jugadores con edad inferior a 18 años.
3. Jugadores de los que se carezca de la información para cumplimentar los datos solicitados.

4.3. RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE HECES.

Consultamos el manual de Procedimientos en Microbiología Clínica realizado por la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica para la recogida, transporte y conservación de las muestras (19).

Para poder secuenciar y posteriormente comparar la microbiota de ambos grupos de estudio se han recolectado y analizado un total de 25 muestras fecales (1 muestra por jugador). Proporcionamos los hisopos a los servicios médicos del club y ellos fueron los encargados de entregárselos a los jugadores tanto del primer equipo como del segundo equipo. **(Figura 4)**

Las muestras fecales se recogieron en las instalaciones deportivas tras una deposición el día 6 de Mayo de 2021, previa al entrenamiento supervisada por los médicos, donde se toma una muestra sobre el papel higiénico con el pertinente material fecal y se introduce en un tubo esterilizado de 50 ml e inmediatamente se almacenarán refrigeradas a (-80°C), para el mantenimiento de sus condiciones óptimas, hasta el envío al servicio de microbiología del Hospital General Universitario de Elche para el análisis de la microbiota intestinal. Dicho análisis será realizado mediante el secuenciador masivo

del material genómico, “Minion Oxford Nanopore”, en el que se empleará el ARNr 16s, obtenido de las muestras fecales para la determinación de la composición bacteriana de las mismas.



Figura 4. Hisopos para la recogida de muestras de heces.
Elaboración propia.

4.4. VARIABLES DE ESTUDIO.

Para el estudio de las hipótesis y cumplimiento de los objetivos se plantean las siguientes variables:

4.4.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

Número y concentraciones de las poblaciones de la microbiota intestinal de la medición realizada mediante la recogida de muestras de heces.

4.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES.

1. Datos demográficos y antropométricos (edad, sexo, peso, talla, IMC)
2. Hábitos nutricionales mediante la encuesta de frecuencia de alimentos
3. Número de lesiones musculares durante la temporada 2020/2021
4. Evaluación del estrés mediante el Test de Ansiedad Precompetición (CSAI-2R).
5. Número de entrenamientos y partidos durante la temporada 2020/2021.
6. Técnicas de recuperación post-entrenamiento.
7. Técnicas de recuperación post-partido.
8. Días de descanso/semana.

4.5. EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD MICROBIANA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En primer lugar, se identificaron los géneros con una diferencia significativa entre los grupos. En segundo lugar, se identificaron géneros dominantes con al menos 2 veces más de cambio entre los grupos a partir de los géneros significativamente diferentes. En tercer lugar, las correlaciones entre géneros dominantes significativos se calcularon con el algoritmo SparCC73. El límite para la correlación absoluta se estableció en 0,3 y solo se incluyeron correlaciones significativas con valores de $p < 0,05$ en el análisis aguas abajo. La red de co-ocurrencia género-género se visualizó con Cytoscape (versión: 3.6.1). Utilizando QIIME, calculamos los valores de diversidad alfa y diversidad beta. Se eligieron índices Shannon y Simpson para evaluar la diversidad alfa de las comunidades microbianas entre las cohortes. Para la diversidad beta, la tabla final de la OTU se enraizó a 3 lecturas por muestra. Se utilizaron métricas de distancia Abund-Jaccard, UniFrac ponderadas y no ponderadas para medir la similitud de la estructura comunitaria entre las muestras. La agrupación de comunidades microbianas se estableció mediante análisis de coordenadas de principio (PCoA) y se visualizó utilizando R (versión: 3.4.3) con el paquete 'rgl' (versión: 0.99.16).

5. RESULTADOS.

Se obtuvo una muestra de 25 sujetos, 7 en el grupo de futbolistas profesionales de Primera División que quisieron participar en el estudio, los cuales se encuentran entre una edad de 18 a 31 años (mediana de edad 29 años). Por otra parte, en el grupo de futbolistas semiprofesionales (n=18), hemos analizado a los jugadores que se ofrecieron como sujetos para el estudio pertenecientes a la segunda plantilla con edades comprendidas entre 18 a 24 años (mediana de edad 20 años).

5.1. MICROBIOTA INTESTINAL.

Debido a la pandemia COVID-19 sólo se pudo analizar la microbiota de 8 jugadores (2 profesionales y 6 semiprofesionales). Tras el análisis mediante el secuenciador masivo de material genómico, “Minion Oxford Nanopore”, en el que se ha empleado el ARNr 16s obtenido de las muestras fecales, hemos observado como de manera general los resultados de las muestras son muy parecidos para ambos grupos y el género dominante es *Faecalibacterium* ($98,18 \pm 0,58$) para los profesionales y ($93,20 \pm 1,95$) para los semiprofesionales (**Figura 5 - ANEXO**).

El segundo género dominante es *Prevotella*, donde hemos encontrado diferencias entre ambos grupos, donde hay mayor abundancia relativa en el grupo de semiprofesionales ($2,20 \pm 1,03$) comparado con el grupo de profesionales ($0,02 \pm 0,02$). Por detrás de este encontramos *Streptococcus* como tercer género más abundante, donde la abundancia relativa es mayor en el grupo de profesionales ($1,15 \pm 0,44$) en comparación con los semiprofesionales ($0,90 \pm 0,53$). Otra de las diferencias que hemos encontrado ha sido en el género *Coprococcus* ($0,95 \pm 0,51$) en el grupo de los semiprofesionales, sin embargo no encontramos ningún microorganismo de este género en los profesionales (**Figura 6 - ANEXO**). Un aspecto importante a comentar de los resultados obtenidos de la microbiota ha sido la mayor diversidad de microorganismos en el grupo de los futbolistas semiprofesionales en comparación con los futbolistas profesionales. (**Figura 6 - ANEXO**)

5.2. DATOS DEMOGRÁFICOS Y ANTROPOMÉTRICOS.

Los datos demográficos de los jugadores se resumen en la **Tabla 1** y **Tabla 2**.

COMPOSICIÓN CORPORAL FUTBOLISTAS PROFESIONALES				
JUGADOR	EDAD	ALTURA	PESO	IMC
1	18	1,73 m	66 kg	22.05
2	30	1,74 m	69,6 kg	22.99
3	26	1,86 m	85 kg	24.57
4	25	1,83 m	84,5 kg	25.23
5	29	1,80 m	70,5 kg	21.76
6	31	1,67 m	64 kg	22.95
7	31	1,75 m	69 kg	22.53

Tabla 1. Datos demográficos y antropométricos jugadores profesionales.
Elaboración propia.

COMPOSICIÓN CORPORAL FUTBOLISTAS SEMIPROFESIONALES				
JUGADOR	EDAD	ALTURA	PESO	IMC
A	20	1,75 m	70 kg	22.86
B	23	1,79 m	77,3 kg	24.13
C	20	1,85 m	78 kg	22.79
D	22	1,89m	85,5 kg	23.94
E	22	1,84 m	75 kg	22.15
F	23	1,92 m	88 kg	23.87
G	24	1,86 m	82 kg	23.70
H	20	1,82 m	78 kg	23.55
I	21	1,83 m	76 kg	22.69
J	20	1,76 m	75 kg	24.21
K	21	1,76 m	71 kg	22.92
L	20	1,87 m	85 kg	24.31
M	19	1,82 m	73 kg	22.04
N	22	1,82 m	76 kg	22.94
Ñ	20	1,87 m	88 kg	25.17
O	20	1,78 m	70,5 kg	22.25
P	20	1,89 m	84,6 kg	23.68
Q	18	1,76 m	67,5 kg	21.79

Tabla 2. Datos demográficos y antropométricos jugadores semiprofesionales.
Elaboración propia.

El grupo de atletas profesionales está formado por 7 jugadores con edades comprendidas entre los 31 y los 18 años, siendo la mediana de 29 años y la desviación típica de 4,67 años.

Por otro lado, el grupo de atletas semiprofesionales está formado por 18 jugadores con edades comprendidas entre los 24 años y los 18 años, siendo la mediana de 20 años y la desviación típica de 1,543 años.

Si hablamos del Índice de Masa Corporal (IMC), el grupo de futbolistas profesionales oscilan entre 23,23 y 21,76 IMC, siendo la media 23,15 con una desviación típica de 1,29.

Por parte de los semiprofesionales oscilan entre 25,17 y 21,79 IMC, siendo la media 23,28 con una desviación típica de 0,92. **(Tabla 3 - ANEXO)**



5.3. FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS.

Se realizó una encuesta nutricional basada en la frecuencia de consumo de alimentos diaria, semanal y mensual (**Figura 7 - ANEXO**), la cual engloba secciones como: lácteos, proteínas como carnes, huevos o pescados, verduras, frutas, legumbres y cereales, aceites y grasas, bollería y pastelería y bebidas a cada sujeto para poder controlar sus hábitos alimenticios, junto a otra encuesta basada en la frecuencia de consumo de suplementación deportiva en el último año. Observamos como las proteínas en ambos grupos provienen mayoritariamente de la carne consumiéndola un 71,5% de los profesionales y un 88,8% de los semiprofesionales y huevos (85,7% y 100%); los hidratos de carbono de las verduras (85,7% y 77,8%), frutas (85,7% y 77,8%) y del pan (71,4% y 61,1%) y las grasas del aceite de oliva (85,7% y 94,4%) y de los frutos secos (85,75% y 83,3%). Por último, el consumo de alcohol es casi inexistente. Los resultados se muestran en la siguiente tabla. (**Tabla 4**)

ALIMENTO/ SUPLEMENTACIÓN	PROFESIONALES					SEMIPROFESIONALES				
	NUN CA	2-3 A LA SEM ANA	1 AL DIA	2-3 AL DIA	4-6 AL DIA	NUN CA	2-3 A LA SEM ANA	1 AL DIA	2-3 AL DIA	4-6 AL DIA
LECHE	57,10 %	28,60 %	0 %	14,30 %	0 %	44,40 %	16,70 %	38,90 %	0 %	0 %
YOGURES	28,60 %	14,30 %	42,90 %	14,30 %	0 %	66,70 %	16,70 %	11,10 %	5,60 %	0 %
QUESOS	14,30 %	57,10 %	28,60 %	0 %	0 %	33,30 %	38,90 %	16,70 %	11,10 %	0 %
GRASAS-ACEITES	14,30 %	0 %	71,40 %	14,30 %	0 %	5,60 %	0 %	33,30 %	50,00 %	11,10 %
CÁRNICOS	28,60 %	28,60 %	42,90 %	0 %	0 %	11,10 %	33,30 %	33,30 %	22,20 %	0 %
HUEVOS	14,30 %	42,90 %	28,60 %	14,30 %	0 %	0 %	50,00 %	33,30 %	16,70 %	0 %
PESCADOS	65 %	35 %	0 %	0 %	0 %	44 %	50 %	5,60 %	0 %	0 %
LEGUMBRES	42,90 %	57,10 %	0 %	0 %	0 %	55,60 %	38,90 %	5,60 %	0 %	0 %
VERDURAS	14,30 %	71,40 %	14,30 %	0 %	0 %	22,20 %	33,30 %	38,90 %	5,60 %	0 %
FRUTA	14,30 %	28,60 %	57,10 %	0 %	0 %	22,20 %	33,30 %	38,90 %	5,60 %	0 %
FRUTOS SECOS	14,30 %	71,40 %	0 %	14,30 %	0 %	16,70 %	38,90 %	38,90 %	5,60 %	0 %
PAN	28,60 %	42,90 %	28,60 %	0 %	0 %	38,90 %	16,70 %	33,30 %	11,10 %	0 %
CEREALES	28,60 %	57,10 %	14,30 %	0 %	0 %	58,80 %	23,50 %	17,60 %	0 %	0 %
REFRESCOS	71,40 %	28,60 %	0 %	0 %	0 %	83,30 %	11,10 %	0 %	5,60 %	0 %
AZUCAR	57,10 %	14,30 %	14,30 %	14,30 %	0 %	55,60 %	22,20 %	22,20 %	0 %	0 %
ALCOHOL	85,70 %	14,30 %	0 %	0 %	0 %	94,40 %	5,60 %	0 %	0 %	0 %
PROTEÍNA SUERO	28,6 %	57,1 %	14,3 %	0 %	0 %	27,8 %	55,6 %	16,7 %	0 %	0 %
PROBIÓTICOS	85,7 %	0 %	14,3 %	0 %	0 %	94,4 %	0 %	5,6 %	0 %	0 %

Tabla 4. Resultados en % de la encuesta de frecuencia de consumo de alimentos.

Elaboración propia.

5.4. LESIONES SUFRIDAS.

Se recogieron junto a los fisioterapeutas de ambos equipos las lesiones musculares sufridas por cada jugador y se muestran a continuación (**Tabla 5**).

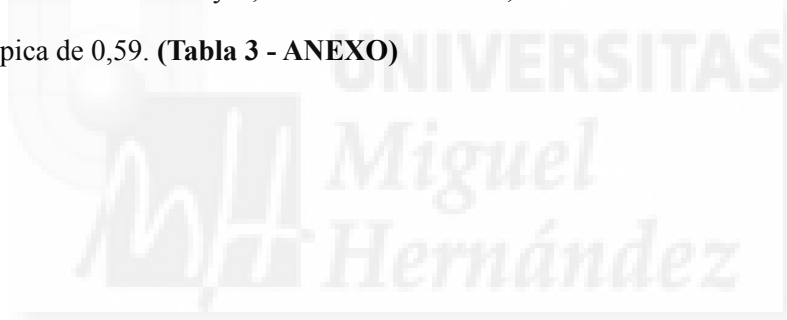
GRUPO	JUGADOR X	LESIONES TEMPORADA 2020/2021
JUGADORES PROFESIONALES	1	3
	2	1
	3	2
	4	0
	5	1
	6	2
	7	1
JUGADORES SEMIPROFESIONALES	A	0
	B	0
	C	0
	D	0
	E	2
	F	1
	G	0
	H	0
	I	0
	J	1
	K	0
	L	0
	M	1
	N	1
	Ñ	0
O	0	
P	0	
Q	0	

Tabla 5. Número de lesiones de cada jugador durante la temporada 2020/2021.
Elaboración propia.

Observamos cómo por parte de los futbolistas profesionales el sujeto (x=1) es el que mayor número de lesiones musculares ha sufrido, con tres lesiones durante esta temporada, seguido de los sujetos (x= 3 y 6) con dos lesiones cada uno y por detrás encontramos a los sujetos (x=2, 5 y 7) con una lesión cada uno, siendo el sujeto (n=4) el único de esta cohorte sin ninguna lesión muscular durante la temporada 2020/2021.

Mientras que por parte de los futbolistas semiprofesionales vemos cómo el sujeto (x= E) es el jugador con más lesiones musculares con dos lesiones sufridas. Los sujetos (x= F, J, M y N) han sufrido una lesión muscular cada uno. Mientras que los demás no han sufrido ninguna.

Si comparamos ambos grupos de estudio hemos observado que el número de lesiones en el grupo de futbolistas profesionales oscilan entre 0 y 3, con una media de 1,43 de lesión durante esta temporada con una desviación típica de 0,93. Por otro lado, en el grupo de futbolistas semiprofesionales el número de lesiones oscila entre 0 y 2, con una media de 0,33 lesiones durante esta temporada y con una desviación típica de 0,59. **(Tabla 3 - ANEXO)**



5.5. NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA Y TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN.

Se estudió el número de entrenamientos y partidos de cada uno de los grupos, las estrategias de recuperación post-entrenamiento y post-partido y los días de descanso semanales. (Tabla 6)

TEMPORADA 2020/2021		
	PROFESIONALES	SEMIPROFESIONALES
Nº ENTRENAMIENTOS	221	164
Nº PARTIDOS	38	24
RECUPERACIÓN POST-PARTIDO	- HIELO - FISIOTERAPIA - SUPLEMENTACIÓN - PLATAFORMA VIBRATORIA - FOAM ROLLER - PRESOTERAPIA	- HIELO - FISIOTERAPIA - SUPLEMENTACIÓN - FOAM ROLLER
RECUPERACIÓN POST-ENTRENAMIENTO	- HIELO - FISIOTERAPIA - SUPLEMENTACIÓN - PLATAFORMA VIBRATORIA - FOAM ROLLER - PRESOTERAPIA	- FISIOTERAPIA - SUPLEMENTACIÓN - FOAM ROLLER
DÍAS DE DESCANSO/ SEMANA.	1 o NINGUNO, DEPENDE DEL CALENDARIO DE COMPETICIÓN.	1 DÍA.

Tabla 6. Nivel de actividad física y técnicas de recuperación.
Elaboración propia.

Hemos observado diferencias en el número de entrenamientos (221 vs 164) y en el número de partidos (38 vs 24) siendo estos mayores para el grupo de futbolistas profesionales, por lo que la exigencia para los jugadores profesionales es mayor que para los semiprofesionales.

En cuanto a los procesos de recuperación post-partido podemos observar que ambos grupos utilizan la crioterapia, la fisioterapia, la suplementación y el foam roller como ayudas para acelerar el proceso de recuperación tras la gran exigencia física de un partido, pero el grupo de futbolistas profesionales tiene también la ayuda de la presoterapia y la máquina vibratoria en comparación con los futbolistas semiprofesionales.

Si hablamos de los procesos de recuperación post-entrenamiento vemos cómo el grupo de futbolistas profesionales tienen exactamente las mismas ayudas que para realizar una recuperación post-partido.

Sin embargo, el grupo de futbolistas semiprofesionales solo cuenta con la fisioterapia, suplementación y foam roller, teniendo menos ayudas para recuperar tras los entrenamientos comparado con los futbolistas profesionales.

El número de días de descanso a la semana es similar, pero el grupo de futbolistas profesionales ha tenido que disputar partidos entre semana, adaptando las sesiones de entrenamiento de tal manera que varias semanas a lo largo de la temporada han realizado entrenamientos durante toda la semana, sin tener ningún día de descanso durante esta.



5.6. ESTADO DE ANSIEDAD Y AUTOCONFIANZA.

Se evaluó mediante el Test de Ansiedad Precompetición (CSAI-2R) (**Figura 8 - Anexo**) para conocer el estado psicológico y emocional de cada jugador antes de un partido de competición (**Tabla 7**). Cada uno de los atletas respondió las 17 preguntas, la escala contiene cuatro puntos que van desde 1 (nada en absoluto) hasta 4 (mucho) y se compone de ítems de ansiedad cognitiva, ítems de ansiedad somática e ítems de autoconfianza.

TEST ANSIEDAD Y AUTOCONFIANZA PRECOMPETICIÓN (CSAI-2R)				
GRUPO	JUGADOR X	ANSIEDAD COGNITIVA	ANSIEDAD SOMÁTICA	AUTOCONFIANZA
JUGADORES PROFESIONALES	1	5/20	7/28	20/20
	2	10/20	10/28	19/20
	3	11/20	13/28	15/20
	4	6/20	7/28	16/20
	5	7/20	7/28	20/20
	6	10/20	10/28	15/20
	7	11/20	14/28	16/20
JUGADORES SEMIPROFESIONALES	A	12/20	11/28	18/20
	B	12/20	10/28	20/20
	C	14/20	11/28	19/20
	D	14/20	8/28	18/20
	E	12/20	8/28	15/20
	F	5/20	7/28	20/20
	G	11/20	16/28	17/20
	H	16/20	19/28	14/20
	I	7/20	7/28	20/20
	J	17/20	17/28	9/20
	K	5/20	7/28	16/20
	L	9/20	11/28	17/20
	M	11/20	12/28	17/20
	N	11/20	12/28	18/20
	Ñ	15/20	16/28	5/20
O	8/20	9/28	16/20	
P	18/20	14/28	13/20	
Q	8/20	10/28	20/20	

Tabla 7. Resultados en el Test CSAI-2R ansiedad y autoconfianza jugadores profesionales y semiprofesionales.

Elaboración propia.

Como resultados del Test de Ansiedad y Autoconfianza hemos obtenido que los jugadores profesionales tienen una puntuación media menor en los dos ítems de ansiedad, tanto cognitiva como somática (8,57 y 9,71) en comparación con la puntuación media de los semiprofesionales (11,39 y 11,39). Por lo que los jugadores semiprofesionales presentan mayor ansiedad y estrés previo a un partido de competición. En el ítem de autoconfianza los jugadores profesionales tienen una media mayor (17,29) en comparación con los jugadores semiprofesionales (16,22). Por lo tanto los jugadores profesionales muestran mayor autoconfianza previa a un partido. **(Figura 9) (Tabla 3 - ANEXO)**

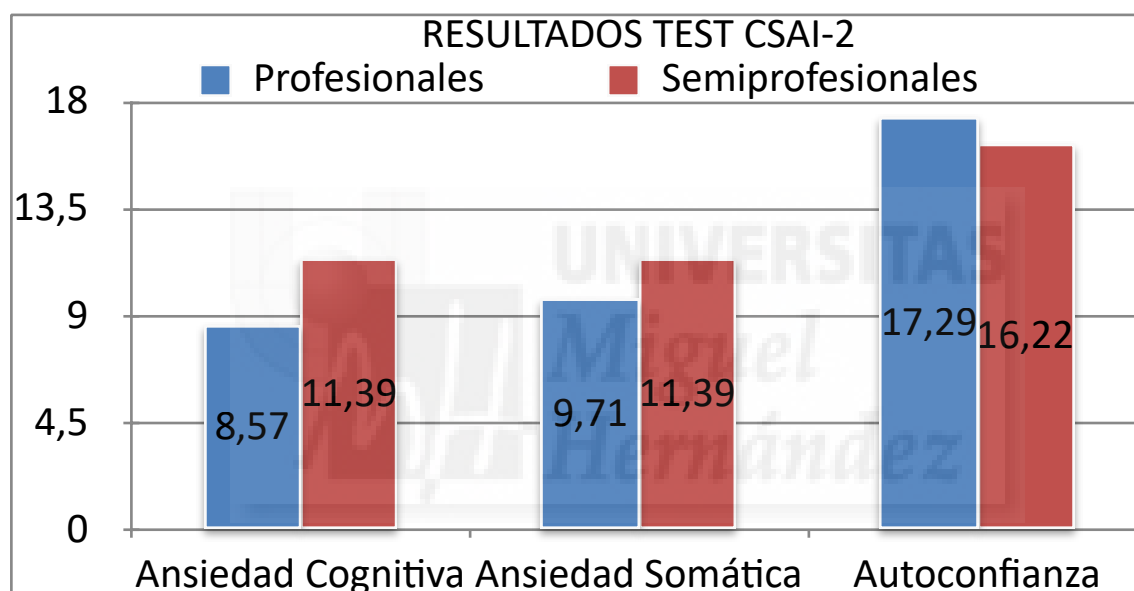


Figura 9. Medias comparativas entre ambos grupos del Test CSAI-2.
Elaboración propia.

6. DISCUSIÓN.

El resultado de nuestro estudio muestra que la taxonomía de la microbiota de manera general es similar entre un grupo de futbolistas profesionales y otro de futbolistas semiprofesionales, aunque sí se encuentran diferencias significativas en algunas poblaciones bacterianas entre ambos grupos.

La calidad de la estrategia nutricional es muy alta para ambos grupos, como demuestran los resultados de la microbiota intestinal. El género *Faecalibacterium* posee la mayor abundancia relativa en ambos grupos. Este género es el principal productor de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y además está asociado positivamente con concentraciones de butirato inducidas por el ejercicio (20) e induce una respuesta antiinflamatoria local y sistémica (21), por lo que la alta proporción de *Faecalibacterium* puede inducir la producción de más ácidos grasos de cadena corta (AGCC) para mejorar el rendimiento de los atletas (22).

La importancia de nuestro estudio con respecto a estudios previos es el objetivo de correlacionar patrones similares en la microbiota intestinal con el bajo número de lesiones sufridas por los futbolistas durante la temporada 2020/2021, ya que ninguno de los estudios encontrados recoge información acerca de las lesiones de sus atletas. Un hallazgo significativo ha sido la gran abundancia relativa del género *Faecalibacterium* en ambos grupos de estudio, en parte gracias a la correcta y adecuada alimentación de los futbolistas. Se conoce que *Faecalibacterium* induce una respuesta antiinflamatoria local y sistémica (21), aspecto clave en el rendimiento de élite, ya que sabemos que el entrenamiento y la competición de alta intensidad como es 1ª División y 3ª División de fútbol Española aumenta agudamente el daño muscular, la fatiga y el dolor. El exceso de carga mecánica crea microlesiones en los tejidos musculares esqueléticos, causando inflamación local, disminuyendo la función muscular y por lo tanto aumentado el riesgo de lesión en este tejido (23), por lo que *Faecalibacterium* podría ayudar en el proceso de recuperación en el deporte de élite, aspecto determinante ya que la exigencia de la competición es máxima y una adecuada recuperación te permite seguir mejorando el rendimiento. Las estrategias para optimizar y maximizar la recuperación pueden mejorar la inflamación, el síndrome de sobreentrenamiento, el daño muscular inducido por el ejercicio, las respuestas metabólicas y la fatiga, favoreciendo así la prevención de lesiones musculares en los deportistas (24). Por lo tanto, sugerimos que es el motivo por el cual ambos grupos de estudio han mostrado una tasa tan baja de lesiones musculares durante la temporada 2020/2021. Podríamos

decir que la buena calidad de la microbiota gracias a la adecuada alimentación de ambos grupos han influido positivamente en el número de lesiones musculares de ambos grupos y por lo tanto en el buen rendimiento deportivo de los jugadores.

La categoría profesional de cada grupo y la exigencia de cada competición no ha sido lo suficientemente significativa para mostrar diferencias en la taxonomía de la microbiota, sin embargo, la mayor exigencia expresada en mayor número de entrenamientos y partidos y por lo tanto, mayor carga de esfuerzo para el grupo de profesionales ha podido influir en una mayor media en cuanto al número de lesiones durante la temporada 2020/2021.

Si hablamos de las variables demográficas y datos antropométricos, ambos grupos presentan un IMC similar, por lo que la composición corporal no difiere entre ambos grupos, otro motivo que influye en que la taxonomía microbiana sea similar entre ambos grupos.

En cuanto a los resultados en el test CSAI-2R para evaluar la ansiedad y el estrés precompetición hemos observado como el grupo de profesionales presentan un mejor control sobre el estado de ansiedad y estrés y una mayor autoconfianza antes de comenzar un partido de competición, pero los resultados no han sido lo suficientemente diferentes como para influir en la composición de la microbiota.

Estudios anteriores han observado que los atletas poseen una mayor abundancia y diversidad microbiana en comparación con sujetos saludables control (13,14, 22 y 25), por otro lado O'Donovan (26) en su estudio también observó diferencias en la composición y capacidad funcional de atletas olímpicos irlandeses de diferentes modalidades deportivas, ya que habían atletas que participaban en diferentes modalidades en cuanto a componentes dinámicos y estáticos y por lo tanto, diferentes exigencias a nivel funcional y metabólico. Sin embargo, los resultados de nuestro estudio, nos muestran que no hay diferencias significativas en la microbiota de un deportista de élite que compite en la Primera División Española de Fútbol y un deportista semiprofesional o amateur que lo hace en la Tercera División Española de Fútbol. Hemos observado como en ambos grupos de estudio los resultados de la microbiota son similares, obteniendo los géneros *Faecalibacterium*, *Prevotella* y *Streptococcus* como los más abundantes (**Figura 5 - ANEXO**), coincidiendo con los resultados del estudio realizado por Han (22) y Petersen (15) donde no se encontraron correlaciones significativas

entre el género taxonómico y ser un ciclista profesional o semiprofesional pero se correlacionó significativamente entrenar >11h/semana y la alta abundancia de *Prevotella*, independientemente de ser un ciclista a nivel profesional o semiprofesional, siendo este el segundo género más abundante entre los atletas de nuestro estudio. Además la alta abundancia de *Prevotella* se ha asociado repetidamente en estudios previos (27) con un alto consumo de carbohidratos, con alta fibra dietética de varias fuentes donde incluimos las verduras y las frutas, alimentos más consumidos por los atletas de nuestro estudio (**Tabla 4**). Probablemente la alta abundancia relativa de *Prevotella* entre nuestros atletas sea debido a una alta ingesta calórica diaria, una elevada carga de entrenamiento a la semana y una dieta alta en hidratos de carbono simples y complejos.

De acuerdo con Clarke (13), Petersen (15), Han (22) y Kulecka (25) hemos encontrado bajas abundancias relativas de *Bacteroides* en nuestros atletas, sin embargo O'Donovan (26) en su estudio con atletas irlandeses de diferentes modalidades identificaron *Bacteroides* como la especie dominante posiblemente porque realizó un estudio con atletas pertenecientes a diferentes modalidades donde participaron atletas de bajo, medio y alto componente dinámico.

En cuanto a los hábitos nutricionales, hemos realizado un cuestionario de frecuencia de alimentos a los atletas que han participado en nuestro estudio, de manera similar que realizaron Clarke (13), Barton (14), Han (22), Kulecka (25), O'Donovan (26) y Jang (28) en sus respectivos estudios, sin embargo Petersen (15) en su estudio con ciclistas no presenta un análisis dietético en profundidad, ya que se trata de un estudio exploratorio. Los estudios que comparan los hábitos alimenticios de atletas con grupos controles de no atletas coinciden en una mayor ingesta total de energía por parte de los atletas (13,14,28). Sin embargo, los estudios que realizan comparaciones entre atletas profesionales o profesionales y amateurs coinciden con los resultados de nuestro estudio. O'Donovan (26) encontró variaciones nutricionales individuales entre sus atletas pero no encontró diferencias significativas entre los grupos de las diferentes modalidades deportivas que estudió. Por otro lado, Kulecka (25) no encontró diferencias en las características de la dieta entre corredores de maratón y esquiadores de fondo.

Respecto al nivel de actividad física, rendimiento y lesiones Clarke (13) utilizó una versión adaptada del cuestionario EPIC-Norfolk20 para evaluar los niveles de actividad física, Petersen (15) utilizaron

un cuestionario donde recogieron el nivel de actividad física en horas/semana, Jang (28) utilizaron la versión coreana del cuestionario IPAQ (Cuestionario Internacional de Actividad Física), por otro lado Han (22) utilizaron Metalyzer II y el sistema multipotencia de Technogym y por último Kulecka (25) midieron el nivel de actividad física mediante un cuestionario de estilo de vida que incluía duración y tipo de actividad diaria, frecuencia de esfuerzos a la semana y las características de la carga de entrenamiento. En nuestro estudio, hemos recogido el número de entrenamientos y partidos, los días de descanso a la semana y las técnicas de recuperación de cada grupo para el estudio del nivel de actividad física, de manera similar a los estudios referenciados.

Otra de las variables estudiadas ha sido la ansiedad y el estrés ya que conocemos que son particularmente amplias debido a que los atletas están sometidos a una considerable carga neuropsíquica y física en los entrenamientos y en los partidos, por lo que constantemente se encuentran sometidos a la actuación de gran variedad de influencias interpersonales y ambientales como pueden ser la importancia del partido, la incertidumbre de la competición o la presión externa por parte de los aficionados o la prensa tal como muestra. Además se estima que entre el 20 y el 60% de los atletas sufren estrés a causa del ejercicio excesivo y una recuperación inadecuada, donde además la prevalencia es mayor en deportes de resistencia como natación, ciclismo o fútbol donde los atletas como los de nuestro estudio entrenan de 4 a 6 horas diarias, 6 días a la semana (29). Clark A (30) mostraron que las altas demandas psicosociales y físicas durante el ejercicio intenso pueden iniciar respuestas de estrés a través de los ejes simpático-adrenal e hipotálamo-hipófisis-suprarrenal (HPA), mediante el conocido y cada vez más nombrado eje bidireccional intestino-cerebro, cuya comunicación se produce principalmente mediante el nervio vago (31), las hormonas intestinales como el ácido gamma aminobutírico (GABA) (32) y moléculas de la microbiota intestinal como los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) nombrados ya anteriormente (33). Los resultados de nuestro estudio han mostrado que los futbolistas profesionales tienen un menor grado de ansiedad tanto cognitiva como somática y un mayor grado de autoconfianza comparado con los futbolistas semiprofesionales (**Figura 4**), sin embargo, no hemos podido realizar comparaciones ya que los estudios observados no han estudiado esta variable que parece tener gran relación con la calidad de la microbiota. Hablando de la suplementación deportiva, en la revisión realizada por Mach (34) evidenciaron que el consumo regular de suplementación con probióticos puede modificar

positivamente la microbiota intestinal de los deportistas, mejorando los síntomas inducidos por el estrés como la depresión, problemas digestivos o la inflamación, sin embargo solo el 8% de los atletas de nuestro estudio, es decir 2 de 25 futbolistas se suplementan con probióticos (**Tabla 4**), y aunque mediante la dieta podamos introducir alimentos con alto potencial probiótico, probablemente la suplementación podría mejorar aún más si cabe la microbiota de los atletas.

De particular interés es el estudio realizado por Barton (14) donde realizó un análisis metagenómico funcional de los jugadores de rugby anteriormente estudiados por Clarke (13) y observó como el ácido 3-hidroxi-isovalérico ha demostrado tener eficacia para inhibir la pérdida de masa muscular cuando se usa junto con el ejercicio físico (35).

En nuestro estudio hemos podido realizar un ensayo microbiótico a nivel compositivo pero no un ensayo metagenómico funcional, lo que supone una limitación para nosotros con la finalidad de observar que vías metabólicas están aumentadas o disminuidas en los futbolistas de élite y poder comprobar, por ejemplo, la relación *Firmicutes/Bacteroides* elevada o disminuida, que se correlaciona con una mayor absorción de oxígeno (VO₂ máx/kg), punto clave para el rendimiento deportivo de los deportistas de élite (36). Otra limitación ha sido la recogida de información del nivel de actividad física, ya que no hemos utilizado datos del todo objetivos. Sería muy interesante recoger datos de los sensores de frecuencia cardíaca y del GPS que utilizan los futbolistas profesionales para estudiar toda la información sobre la carga de entrenamientos y partidos que nos podría dar datos más exactos del rendimiento de los sujetos como velocidad media, velocidad máxima, o kilómetros recorridos. También hemos de tener en cuenta que la muestra de nuestro estudio no es muy grande (n=25) y solo hemos estudiado futbolistas masculinos.

Como fortaleza principal destacamos que es el primer estudio realizado sobre la influencia de la microbiota y la dieta en las lesiones musculares en futbolistas profesionales. Hemos observado que la presencia de una buena calidad en la microbiota con géneros y microorganismos antiinflamatorios como *Faecalibacterium* y *Prevotella*, gracias a una buena alimentación y una adecuada carga de ejercicio físico induce a un bajo grado de lesión muscular en futbolistas profesionales y semiprofesionales. Sabemos que existen muchos otros factores como el descanso o el estrés, pero la composición de la microbiota está empezando a cobrar importancia en el deporte de élite y se ha unido

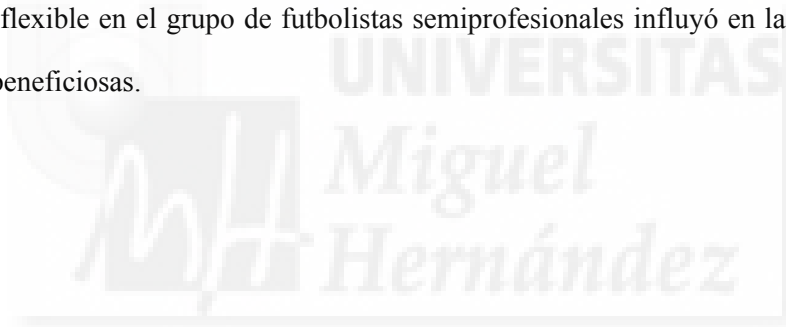
a uno de los tantos factores determinantes que influyen en el rendimiento deportivo para la consecución de la mejora del rendimiento de los futbolistas profesionales y el objetivo por parte de los jóvenes atletas de llegar a la élite en cualquier modalidad deportiva. Por lo que una de las aplicaciones clínicas de nuestro estudio es conseguir que los futbolistas tengan en su microbiota géneros como *Faecalibacterium* a través de una dieta de precisión, aumentando su rendimiento y permitiendo realizar una anticipación de las lesiones deportivas en jugadores con disbiosis bacteriana.

Con todo ello, futuras líneas de investigación deberían centrarse en realizar seguimientos a largo plazo con un número considerable de sujetos, de ambos sexos y donde además se recojan datos objetivos del rendimiento físico de cada futbolista a través de las bandas de frecuencia cardiaca y del GPS como velocidad media, máxima o distancia recorrida para poder evaluar con mucha más precisión esta variable. Incluso alguna de las aplicaciones futuras podrían estar encaminadas a una anticipación o selección temprana de los jugadores de élite en función de su microbiota.



7. CONCLUSIONES

- Una adecuada alimentación influye directamente en una buena calidad microbiótica intestinal, liderada por géneros que inducen a respuestas antiinflamatorias como *Faecalibacterium* y por lo tanto, reduciendo el riesgo de lesión muscular, aumentando así el rendimiento deportivo en futbolistas profesionales y semiprofesionales.
- Jugadores profesionales y semiprofesionales de fútbol con un índice de masa corporal (IMC) similar no han mostrado diferencias significativas en la composición de su microbiota.
- Jugadores profesionales de fútbol con un menor grado de ansiedad somática y cognitiva y un mayor grado de autoconfianza previo a un evento de competición, como es un partido de liga en comparación con futbolistas semiprofesionales no han mostrado diferencias significativas en la composición de su microbiota.
- Una dieta más flexible en el grupo de futbolistas semiprofesionales influyó en la presencia de otras especies menos beneficiosas.



8. ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS

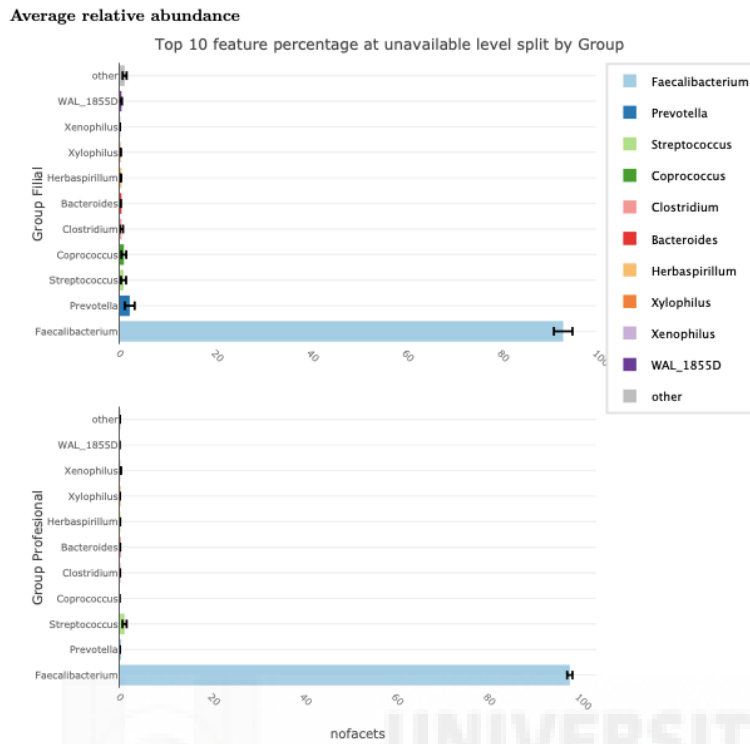


Figura 5. Abundancia Relativa Media por grupos de estudio.
Proporcionado por: Hospital General Universitario de Elche.

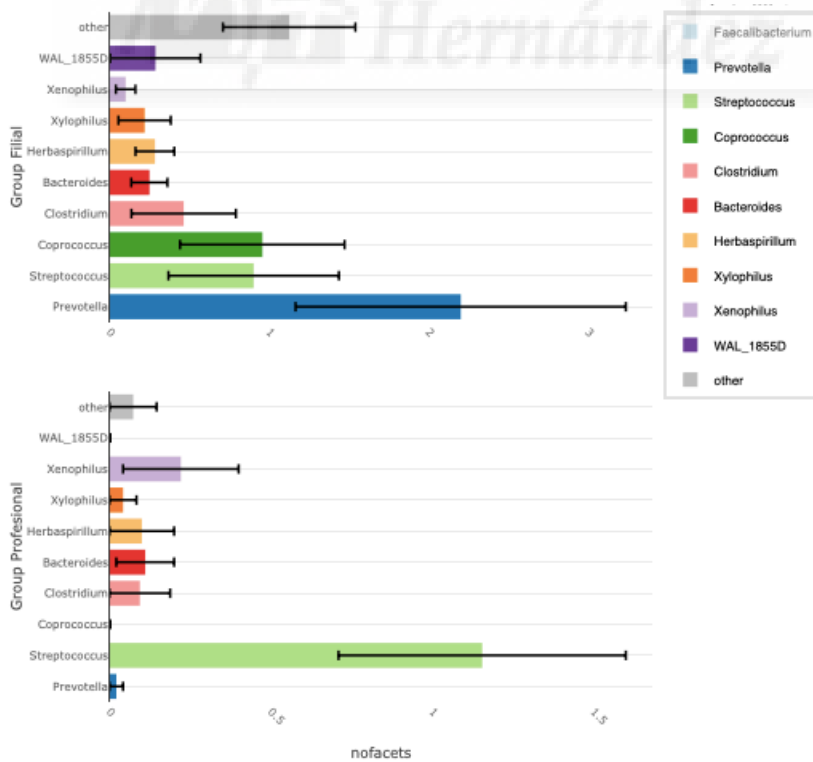


Figura 6. Diversidad de microorganismos entre ambos grupos.
Proporcionado por: Hospital General Universitario de Elche.



CUESTIONARIO DE FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS (CFCA)



Para cada alimento, marque el recuadro que indica la frecuencia de consumo por término medio durante el año pasado. Se trata de tener en cuenta también la variación verano/invierno. Por ejemplo, si toma helados 4 veces/semana solo durante los 3 meses de verano, el uso promedio al año es 1/semana.		CONSUMO MEDIO DURANTE EL ÚLTIMO MES							
		NUNCA O CASI NUNCA	AL MES 1-3	A LA SEMANA			AL DÍA		
				1	2-4	5-6	1	2-3	4-6
I. LÁCTEOS	1. Leche entera (1 taza, 200 mL)								
	2. Leche semidesnatada (1 taza, 200 mL)								
	3. Leche desnatada (1 taza, 200 mL)								
	4. Leche condensada (1 cucharada)								
	5. Nata o crema de leche (1/2 taza)								
	6. Batidos de leche (1 vaso, 200 mL)								
	7. Yogurt entero (1, 125 g)								
	8. Yogurt desnatado (1, 125 g)								
	9. Petit suisse (1, 55 g)								
	10. Requesón o cuajada (1/2 taza)								
	11. Queso Fresco batido (1, 120 g)								
	12. Queso en porciones o cremoso (1, porción 25 g)								
	13. Otros quesos: curados, semicurados (Manchego, Bola, Emmental...) (50 g)								
	14. Queso blanco o fresco (Burgos, cabra...) (50 g)								
	15. Natillas, flan, pudding (1, 130 mL)								
	16. Helados (1 cucurucho o 1 tarrina o 1 bola)								
	17. Otros								

Un plato o ración de 100-150 g, excepto cuando se indique otra cosa.		NUNCA O CASI NUNCA	AL MES 1-3	A LA SEMANA			AL DÍA		
				1	2-4	5-6	1	2-3	4-6
II. HUEVOS, CARNES, PESCADOS	18. Huevos de gallina (1)								
	19. Pollo o pavo CON piel (1 ración o pieza)								
	20. Pollo o pavo SIN piel (1 ración o pieza)								
	21. Carne de ternera o vaca (1 ración)								
	22. Carne de cerdo (1 ración)								
	23. Carne de cordero (1 ración)								
	24. Codorniz (1 ración)								
	25. Conejo o liebre (1 ración)								
	26. Hígado (ternera, cerdo, pollo) (1 ración)								
	27. Otras vísceras (sesos, corazón, mollejas) (1 ración)								
	28. Jamón serrano o paletilla (1 loncha, 30 g)								
	29. Jamón York, jamón cocido (1 loncha, 30g)								
	30. Carnes procesadas (salchichón, chorizo, morcilla, mortadela, salchichas, butifarra, sobrasada, 50 g)								
	31. Patés, foie-gras (25 g)								
	32. Hamburguesa (1, 50 g), albóndigas (3 unidades)								
	33. Tocino, bacon, panceta (50 g)								
	34. Pescado blanco: mero, lenguado, besugo, merluza, pescadilla... (1 plato, pieza o ración)								
35. Pescado azul: sardinas, atún, bonito, caballa, salmón (1 plato, pieza o ración 130g)									



CUESTIONARIO DE FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS (CFCA)



36. Pescados salados: bacalao, salazones (1 ración, 60 g en seco)									
37. Ostras, almejas, mejillones y similares (6 unidades)									
38. Calamares, pulpo, chipirones, sepia (1 ración, 200 g)									
39. Crustáceos: gambas, langostinos, cigalas... (4-5 piezas, 200 g)									
40. Pescados y mariscos enlatados al natural (sardinas, anchoas, bonito, atún) (1 lata pequeña)									
41. Pescados y mariscos en aceite (sardinas, anchoas, bonito, atún) (1 lata pequeña)									
42. Otros									

Un plato o ración de 200 g, excepto cuando se indique otra cosa.	NUNCA O CASI NUNCA	AL MES	A LA SEMANA			AL DÍA				
		1-3	1	2-4	5-6	1	2-3	4-6	6+	
III. VERDURAS Y HORTALIZAS	43. Acelgas, espinacas									
	44. Calabacín									
	45. Calabaza									
	46. Col, coliflor, brócoles									
	47. Lechuga, endivias, escarola (100 g)									
	48. Tomate crudo (1, 150 g)									
	49. Zanahoria, calabaza (100 g)									
	50. Judías verdes									
	51. Berenjenas, pepinos									
	52. Pimientos (150 g)									
	53. Espárragos									
	54. Gazpacho andaluz (1 vaso, 200 g)									
	55. Otras verduras (alcachofa, puerro, cardo, apio)									
	56. Cebolla (media unidad, 50 g)									
	57. Ajo (1 diente)									
	58. Perejil, tomillo, laurel, orégano... (una pizza)									
	59. Boniatos									
	60. Maíz en lata (80 g)									
	61. Patatas fritas comerciales (1 bolsa, 50 g)									
	62. Patatas fritas caseras (1 ración, 150 g)									
63. Patatas asadas o cocidas										
64. Setas, niscalos, champiñones										
65. Alficof										
66. Hoja de roble										
67. Remolacha										
68. Otros										



CUESTIONARIO DE FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS (CFCA)



Una pieza o una ración.	NUNCA O CASI NUNCA	AL MES	A LA SEMANA			AL DÍA				
		1-3	1	2-4	5-6	1	2-3	4-6	6+	
IV. FRUTAS	69. Naranja (una), pomelo (una) o mandarina (dos)									
	70. Plátano (uno)									
	71. Manzana o pera (una)									
	72. Fresas/fresones (6 unidades) (1 plato de postre)									
	73. Cerezas, picotas, ciruelas (1 plato de postre)									
	74. Melocotón, albaricoque, nectarina (una)									
	75. Sandía (1 tajada, 200-250 g)									
	76. Melón (1 tajada, 200-250 g)									
	77. Kiwi (1 unidad, 100 g)									
	78. Uvas (un racimo, 1 plato postre)									
	79. Frutas en almíbar o en su jugo (2 unidades)									
	80. Dátiles, higos secos, uvas-pasas (150 g)									
	81. Piña (1 rodaja, 120 g)									
	82. Granada (1 unidad, 215 g)									
	83. Higos (4 unidades pequeñas, 160 g)									
84. Moras (250 g, 1 plato de postre)										
85. Otros										

Una pieza o una ración.	NUNCA O CASI NUNCA	AL MES	A LA SEMANA			AL DÍA				
		1-3	1	2-4	5-6	1	2-3	4-6	6+	
V. LEGUMBRES Y CEREALES	86. Lentejas (1 plato, 150 g cocidas)									
	87. Alubias (pintas, blancas o negras) (1 plato, 150 g cocidas)									
	88. Garbanzos (1 plato, 150 g cocidas)									
	89. Guisantes, habas (1 plato, 150 g cocidas)									
	90. Pan blanco, pan de molde (3 rodajas, 75g)									
	91. Pan negro o integral (3 rodajas, 75 g)									
	92. Cereales de desayuno (30 g)									
	93. Cereales integrales: muesli, copos de avena, all-bran (30 g)									
	94. Arroz blanco (60 g en crudo)									
	95. Arroz integral (60 g en crudo)									
	96. Pasta normal: fideos, macarrones, espaguetis, otras (60 g en crudo)									
	97. Pasta integral: fideos, macarrones, espaguetis, otras (60 g en crudo)									
	98. Pizza (1 ración, 200 g)									
	99. Cous-cous (20 g en crudo)									
	100. Quinoa (60 g en crudo)									
101. Altramuces										
102. Granos de soja										
103. Otros										



CUESTIONARIO DE FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS (CFCA)



	Una cucharada o porción individual. Para freír, untar, mojar en el pan, para aliñar, o para ensaladas, utiliza en total:	NUNCA O CASI NUNCA	AL MES	A LA SEMANA			AL DÍA			
			1-3	1	2-4	5-6	1	2-3	4-6	6+
VI. ACEITES Y GRASAS	104. Aceite de oliva (una cucharada sopera)									
	105. Aceite de oliva extra virgen (una cucharada sopera)									
	106. Aceite de oliva de orujo (una cucharada sopera)									
	107. Aceite de maíz (una cucharada sopera)									
	108. Aceite de girasol (una cucharada sopera)									
	109. Aceite de soja (una cucharada sopera)									
	110. Mezcla de los anteriores (una cucharada sopera)									
	111. Margarina (porción individual, 12 g)									
	112. Mantequilla (porción individual, 12 g)									
	113. Manteca de cerdo (10 g)									
	114. Aguacate (80 g)									
	115. Aceitunas (10 unidades)									
	116. Almendras, cacahuets, avellanas, pistachos, piñones (30 g)									
	117. Nueces (30 g)									
	118. Otros									

		NUNCA O CASI NUNCA	AL MES	A LA SEMANA			AL DÍA			
			1-3	1	2-4	5-6	1	2-3	4-6	6+
VII. BOLLERÍA Y PASTERÍA	119. Galletas tipo María (4-6 unidades, 50 g)									
	120. Galletas integrales o de fibra (4-6 unidades, 50 g)									
	121. Galletas con chocolate (4 unidades, 50g)									
	122. Repostería y bizcochos hechos en casa (50 g)									
	123. Croissant, ensaimada, pastas de té u otro bollería industrial comercial (uno, 50 g)									
	124. Donuts (uno)									
	125. Magdalenas (1- 2 unidades)									
	126. Pasteles (unos, 50 g)									
	127. Churros, porras y similares (1 ración, 100 g)									
	128. Chocolates y bombones (30 g)									
	129. Cacao en polvo-cacaos solubles (1 cucharada de postre)									
	130. Turrón (1/8 de barra, 40 g)									
	131. Mantecados, mazapán (90 g)									
	132. Otros									



CUESTIONARIO DE FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS (CFCA)



		NUNCA O CASI NUNCA	AL MES	A LA SEMANA			AL DÍA			
			1-3	1	2-4	5-6	1	2-3	4-6	6+
VIII. MISCELÁNEA	133. Croquetas, buñuelos, empanadillas, precocinados (una)									
	134. Sopas y cremas de sobre (1 plato)									
	135. Mostaza (1 cucharadita de postre)									
	136. Mayonesa comercial (1 cucharada sopera, 20 g)									
	137. Salsa de tomate frito, ketchup (1 cucharadita de postre)									
	138. Ali oli (1 cucharada de postre)									
	139. Picante: tabasco, pimienta, pimentón (una pizca)									
	140. Sal (una pizca)									
	141. Mermeladas (1 cucharadita de postre)									
	142. Azúcar (1 cucharadita)									
	143. Miel (1 cucharadita)									
	144. Snacks distintos de patatas fritas: gusanitos, palomitas, maíz, etc (1 bolsa, 50 g)									
	145. Otros									

Una pieza o una ración.	NUNCA O CASI NUNCA	AL MES	A LA SEMANA			AL DÍA				
		1-3	1	2-4	5-6	1	2-3	4-6	6+	
IX. BEBIDAS	146. Bebidas carbonatadas con azúcar: bebidas con cola, limonadas, tónicas, etc. (1 botellín, 200 mL)									
	147. Bebidas carbonatadas bajas en calorías, bebidas light (1 botellín, 200 mL)									
	148. Zumo de naranja natural (1 vaso, 200 mL)									
	149. Zumos naturales de otras frutas (1 vaso, 200 mL)									
	150. Zumos de frutas en botella o enlatados (200 mL)									
	151. Café descafeinado (1 taza, 50 mL)									
	152. Café (1 taza, 50 mL)									
	153. Té (1 taza, 50 mL)									
	154. Mosto (100 mL)									
	155. Vaso de vino rosado (100 mL)									
	156. Vaso de vino moscatel (50 mL)									
	157. Vaso de vino tinto joven, del año (100 mL)									
	158. Vaso de vino tinto añejo (100 mL)									
	159. Vaso de vino blanco (100 mL)									
	160. Vaso de cava (100 mL)									
	161. Cerveza (1 jarra, 330 mL)									
	162. Licores, anís o anisetes (1 copa, 50 mL)									
	163. Destilados: whisky, vodka, ginebra, coñac (1 copa, 50 mL)									
164. Otros										



CUESTIONARIO DE FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS (CFCA)



Para cada suplemento, marque el recuadro que indica la frecuencia de consumo por término medio durante el año pasado. Se trata de tener en cuenta también la variación verano/invierno. Por ejemplo, si toma cafeína 4 veces/semana solo durante los 3 meses de verano, el uso promedio al año es 1/semana.		CONSUMO MEDIO DURANTE EL ÚLTIMO MES							
		NUNCA O CASI NUNCA	AL MES	A LA SEMANA			AL DÍA		
			1-3	1	2-4	5-6	1	2-3	4-6
SUPLEMENTACIÓN	1. Cafeína								
	2. Bicarbonato sódico								
	3. B-Alanina								
	4. Creatina								
	5. Amilopectina, Dextrosa, Palatinosa ..(CH rápida absorción)								
	6. Electrolitos								
	7. Óxido nítrico								
	8. Proteína Isolada								
	9. Glicerol								
	10. Vitamina C								
	11. Colágeno								
	12. Cúrcuma								
	13. N-Acetil Cisteína								
	14. Carnitina								
	15. Cetonas								
	16. Magnesio								
	17. BCAA								
	18. Vitamina E								
	19. Ácido alfa lipoico								
	20. Tirosina								
	21. Prebióticos								

Figura 7. Cuestionario de frecuencia de alimentos.

Proporcionado por: <https://www.nutrievidence.es>

Composición del CSAI-2R en su versión en español (18 ítems)

Ansiedad cognitiva

- 2. Me preocupa no rendir en esta competición tan bien como podría hacerlo
- 5. Me preocupa perder
- 8. Me preocupa bloquearme ante la presión
- 11. Me preocupa un bajo rendimiento
- 14. Me preocupa que los demás se sientan decepcionados con mi rendimiento

Ansiedad somática

- 1. Estoy muy inquieto
- 4. Noto mi cuerpo tenso
- 6. Siento tensión en mi estómago
- 9. Mi corazón se acelera
- 12. Tengo un nudo en el estómago
- 15. Mis manos están sudorosas
- 17. Noto mi cuerpo rígido
- 18. Siento un vacío en el estómago (alternativa al ítem 12)

Autoconfianza

- 3. Estoy seguro de mí mismo
- 7. Estoy seguro de que puedo hacer frente al desafío
- 10. Tengo confianza en hacerlo bien
- 13. Tengo confianza porque me veo alcanzando mi objetivo
- 16. Confío en responder bien ante la presión

Figura 8. Test CSAI-2R.

Disponible en: <http://psicothema.com/pdf/3341.pdf>



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Número admitido a trámite (OIR UMH):	210319220311
Número Expediente*: *Puede verificar la autorización ética del presente proyecto de investigación en el código QR superior	TFG.GFLLSG.AMD.210319
Título del proyecto:	Influencia de la nutrición en la disbiosis intestinal y el rendimiento deportivo.
Investigador/a principal:	ADRIÁN MOLINA DÍAZ

Yo.....

He leído esta hoja de información y he tenido tiempo suficiente para considerar mi decisión.
Me han dado la oportunidad de formular preguntas y todas ellas se han respondido satisfactoriamente.
He sido informado de todo el procedimiento del estudio, así como de la recogida de muestras de heces que se realizará para el estudio de la microbiota.
Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin tener que dar explicaciones.

Después de haber meditado sobre la información que me han proporcionado, declaro que mi decisión es la siguiente:

Doy No doy

Mi consentimiento para la participación en el presente proyecto de investigación, así como para el acceso y utilización de mis datos personales en las condiciones detalladas en la hoja de información.

FIRMA DEL/DE LA PARTICIPANTE	FIRMA DEL INVESTIGADOR/A
NOMBRE:	NOMBRE: ADRIÁN MOLINA DÍAZ
FECHA:	FECHA: 23/04/2021

Consentimiento informado.
Proporcionado por la UMH.

ESTADÍSTICAS										
GRUPO			ANSI EDA D COG NITI VA	ANSI EDA D SOM ÁTIC A	AUTO CONFI ANZA	EDAD	PESO (KG)	ALTUR A (m)	IMC	LESIONES
JUGADORES PROFESIONALES	N	VÁLIDO	7	7	7	7	7	7	7	7
		PERDIDOS	2	2	2	2	2	2	2	2
		MEDIA	8,57	9,71	17,29	27,14	72,657	1,7686	23,1543	1,43
		DESVIACIÓN	2,507	2,928	2,289	4,670	8,5561	0,06517	1,28678	0,976
		MÍNIMO	5	7	15	18	64,0	1,67	21,76	0
		MÁXIMO	11	14	20	31	85,0	1,86	25,23	3
JUGADORES SEMIPROFESIONALES	N	VÁLIDO	18	18	18	18	18	18	18	18
		PERDIDOS	0	0	0	0	0	0	0	0
		MEDIA	11,39	11,39	16,22	20,83	77,800	1,8267	23,2772	0,33
		DESVIACIÓN	3,867	3,680	3,993	1,543	6,3943	0,05156	0,92414	0,594
		MÍNIMO	5	7	5	18	67,5	1,75	21,79	0
		MÁXIMO	18	19	20	24	88,0	1,92	25,17	2

Tabla 3. Estadísticas datos demográficos, test CSAI-2 y lesiones.
Elaboración propia.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Robles-Alonso V, Guarner F. Progress in the knowledge of the intestinal human microbiota. *Nutr Hosp*. 2013;28(3):553-7.
2. Greenhalgh K, Meyer KM, Aagaard KM, Wilmes P. The human gut microbiome in health: establishment and resilience of microbiota over a lifetime. *Environ Microbiol*. 2016;18(7):2103-16.
3. Microbiota, Probióticos, Prebióticos y Simbióticos [Internet]. *Pediatriaintegral.es*. [citado 30 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2015-06/microbiota-probioticos-prebioticos-y-simbioticos/>.
4. Penders J, Thijs C, Vink C, Stelma FF, Snijders B, Kummeling I, et al. Factors influencing the composition of the intestinal microbiota in early infancy. *Pediatrics*. 2006;118(2):511-21
5. Thursby E, Juge N. Introduction to the human gut microbiota. *Biochem J*. 2017;474(11):1823-36.
6. Moreno-Indias I, Cardona F, Tinahones FJ, Queipo-Ortuño MI. Impact of the gut microbiota on the development of obesity and type 2 diabetes mellitus. *Front Microbiol*. 2014;5:190.
7. Lazar V, Ditu L-M, Pircalabioru GG, Gheorghe I, Curutiu C, Holban AM, et al. Aspects of gut Microbiota and immune system interactions in infectious diseases, immunopathology, and cancer. *Front Immunol*. 2018;9:1830
8. Nishida A, Inoue R, Inatomi O, Bamba S, Naito Y, Andoh A. Gut microbiota in the pathogenesis of inflammatory bowel disease. *Clin J Gastroenterol*. 2018;11(1):1-10.
9. Jose PA, Raj D. Gut microbiota in hypertension. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2015;24(5):403-9.
10. Wilson AS, Koller KR, Ramaboli MC, Nesengani LT, Ocvirk S, Chen C, et al. Diet and the human gut microbiome: An international review. *Dig Dis Sci*. 2020;65(3):723-40
11. Álvarez-Calatayud G, Guarner F, Requena T, Marcos A. Diet and microbiota. Impact on health. *Nutr Hosp*. 2018;35(Spec6):11-5.

12. Zhong F, Wen X, Yang M, Lai H-Y, Momma H, Cheng L, et al. Effect of an 8-week exercise training on gut Microbiota in physically inactive older women. *Int J Sports Med* [Internet]. 2020.
13. Clarke SF, Murphy EF, O'Sullivan O, Lucey AJ, Humphreys M, Hogan A, et al. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*. 2014;63(12):1913-20.
14. Barton W, Penney NC, Cronin O, Garcia-Perez I, Molloy MG, Holmes E, et al. The microbiome of professional athletes differs from that of more sedentary subjects in composition and particularly at the functional metabolic level. *Gut*. 2018;67(4):625-33.
15. Petersen LM, Bautista EJ, Nguyen H, Hanson BM, Chen L, Lek SH, et al. Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists. *Microbiome* [Internet]. 2017;5(1).
16. Scheiman J, Lubber JM, Chavkin TA, MacDonald T, Tung A, Pham L-D, et al. Meta-omics analysis of elite athletes identifies a performance-enhancing microbe that functions via lactate metabolism. *Nat Med*. 2019;25(7):1104-9.
17. Przewłócka K, Folwarski M, Kaźmierczak-Siedlecka K, Skonieczna-Żydecka K, Kaczor JJ. Gut-muscle AxisExists and may affect skeletal muscle adaptation to training. *Nutrients*. 2020;12(5):1451.
18. Ticinesi A, Nouvenne A, Cerundolo N, Catania P, Prati B, Tana C, et al. Gut Microbiota, muscle mass and function in aging: A focus on physical frailty and sarcopenia. *Nutrients*. 2019;11(7):1633.
19. Procedimientos en Microbiología Clínica de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica R. [Internet]. Seimc.org. Disponible en: <https://seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia1.pdf>.
20. Allen JM, Mailing LJ, Niemi GM, Moore R, Cook MD, White BA, et al. Exercise alters gut Microbiota composition and function in lean and obese humans. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(4):747-57.
21. Singh RK, Chang H-W, Yan D, Lee KM, Ucmak D, Wong K, et al. Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *J Transl Med*. 2017;15(1):73.

22. Han M, Yang K, Yang P, Zhong C, Chen C, Wang S, et al. Stratification of athletes' gut microbiota: the multifaceted hubs associated with dietary factors, physical characteristics and performance. *Gut Microbes*. 2020;12(1):1-18.
23. Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J Appl Physiol*. 2017;122(3):559-70.
24. Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L, Brink M, Coutts AJ, Duffield R, et al. Recovery and performance in sport: Consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(2):240-5.
25. Kulecka M, Fraczek B, Mikula M, Zeber-Lubecka N, Karczmariski J, Paziewska A, et al. The composition and richness of the gut microbiota differentiate the top Polish endurance athletes from sedentary controls. *Gut Microbes*. 2020;11(5):1374-84.
26. O'Donovan CM, Madigan SM, Garcia-Perez I, Rankin A, O'Sullivan O, Cotter PD. Distinct microbiome composition and metabolome exists across subgroups of elite Irish athletes. *J Sci Med Sport*. 2020;23(1):63-8.
27. Wu GD, Chen J, Hoffmann C, Bittinger K, Chen Y-Y, Keilbaugh SA, et al. Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes. *Science*. 2011;334(6052):105-8.
28. Jang L-G, Choi G, Kim S-W, Kim B-Y, Lee S, Park H. The combination of sport and sport-specific diet is associated with characteristics of gut microbiota: an observational study. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019;16(1):21.
29. Purvis D, Gonsalves S, Deuster PA. Physiological and psychological fatigue in extreme conditions: overtraining and elite athletes. *PM R*. 2010;2(5):442-50.
30. Clark A, Mach N. Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2016;13(1):43.
31. Eisenstein M. Microbiome: Bacterial broadband. *Nature*. 2016;533(7603):S104-6.
32. Rhee SH, Pothoulakis C, Mayer EA. Principles and clinical implications of the brain-gut-enteric microbiota axis. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2009;6(5):306-14.

33. Stilling RM, Dinan TG, Cryan JF. Microbial genes, brain & behaviour - epigenetic regulation of the gut-brain axis: Microbial genes, brain & behaviour. *Genes Brain Behav.* 2014;13(1):69-86.
34. Mach N, Fuster-Botella D. Endurance exercise and gut microbiota: A review. *J Sport Health Sci.* 2017;6(2):179-97.
35. Wilson GJ, Wilson JM, Manninen AH. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. *Nutr Metab (Lond).* 2008;5(1):1.
36. Durk RP, Castillo E, Márquez-Magaña L, Grosicki GJ, Bolter ND, Lee CM, et al. Gut Microbiota composition is related to cardiorespiratory fitness in healthy young adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29(3):249-53.

