

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON CÚRCUMA EN
MARCADORES INFLAMATORIOS EN ULTRAMARATONISTAS

POR

GABRIELA REYES CONN

PRODUCTO INTEGRADOR

TESINA

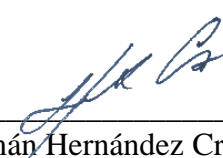
Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE CON
ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO

Nuevo León, Junio 2021


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Tesina titulado/a “Efecto de la suplementación con cúrcuma en marcadores inflamatorios en ultramaratonistas” realizado por la LNB. Gabriela Reyes Conn sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en alto rendimiento.

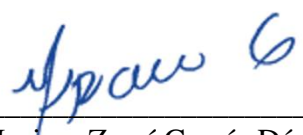
COMITÉ DE TITULACIÓN



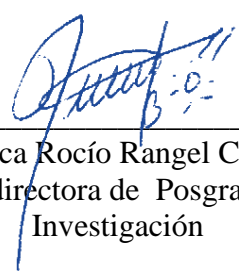
Dr. Germán Hernández Cruz
Asesor principal



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Co-asesor



Dra. Myrjam Zarai García Dávila
Co-asesor



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

Nuevo León, Junio 2021

Dedicatoria

Esta tesina la dedico a mis papas que son las personas que siempre me han impulsado a ser mejor, lograr mis sueños y me han apoyado día con día a través de este proceso. Doy gracias a Dios por haberme permitido realizar mi maestría, por poner todos los obstáculos que se me presentaron durante el proceso.

Gracias a todas las personas que estuvieron conmigo y me apoyaron siempre para realizar este nuevo logro y que cuando sentía que ya no quería seguir, me alentaron a ser positiva y avanzar hacia adelante en todo momento.

Gracias a todos los atletas que participaron en esta tesina, que sin su apoyo esto no se hubiera podido lograr. Gracias al coach que me apoyo en todo momento para el reclutamiento, logística, organización y motivación, que a pesar de la pandemia todo se pudo realizar en las condiciones optimas.

FICHA DESCRIPTIVA

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Organización Deportiva

Fecha de Graduación: Junio 2021

Gabriela Reyes Conn

Título del Producto Integrador: Efecto de la suplementación con cúrcuma en marcadores inflamatorios en ultramaratonistas

Número de Páginas: 70

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con
Orientación
en alto rendimiento

Resumen

Hoy en día es importante el apoyo que ha surgido en relación a los atletas, esto enfocados en su recuperación, tratando de disminuir los efectos después de un entrenamiento de alta carga o de una competencia. Por lo cual, nos interesó ver el efecto de la cúrcuma (Cúrcuma Longa) en los marcadores inflamatorios en ultramaratonistas, representado en la creatina quinasa (CK), urea y proteína C reactiva en estos atletas después de 60 kms que se llevaron a cabo en una carrera en la ciudad de Chihuahua, el día 28 de noviembre del 2020. La población constó de 12 atletas masculinos de 28-53 años de edad, que se dividieron en dos grupos; uno de ellos recibió una suplementación con cúrcuma y el otro grupo se les dio placebo. El periodo de intervención se dividió en 4 secciones: 1era. se tomó la sangre basal antes de la carrera, 2da. se le dio la dosis de cúrcuma a los atletas al azar, 3era. fue la prueba de sangre al finalizar la sesión de carrera y 4ta. fue la toma de sangre 24 hrs posteriores al entrenamiento. De acuerdo a esta intervención se determinó que la cúrcuma como suplementación tuvo un efecto sobre el marcador inflamatorio proteína C reactiva en los atletas de larga duración.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL: _____

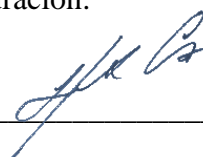


Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	5
<i>Introducción</i>	7
<i>Marco Teórico</i>	10
Rendimiento Deportivo.....	10
Carga de entrenamiento - TRIMP.....	11
Fatiga.....	13
Consumo máximo de oxígeno (VO ₂ max).....	14
Ultramaratón.....	15
Respuesta Inmune.....	17
Proceso Inflamatorio.....	18
Daño Muscular.....	18
Creatina Quinasa.....	20
Urea.....	21
Proteína C Reactiva.....	21
Ayudas Ergogénicas.....	22
Inmunonutrición.....	23
Cúrcuma.....	24
Pimienta Negra.....	26
Estudios Relacionados.....	26
<i>Metodología</i>	30
Diseño del estudio.....	30
Estudio de suplemento.....	30
Grupo de estudio.....	30
Consideraciones éticas.....	31
Protocolo General.....	31
Carrera 60 kms.....	33
Muestras.....	34
CK, Urea y proteína C reactiva.....	34
Hábitos alimentarios e historia clínica.....	35
Composición corporal.....	35
Frecuencia cardiaca.....	35
Análisis estadístico.....	35
<i>Resultados</i>	37
<i>Discusión</i>	44

Antropometría.....	44
Ingesta dietética.....	46
Rendimiento Físico	49
Carrera 60 kms.....	50
Análisis bioquímico	52
Conclusiones.....	55
Referencias bibliográficas	56
Anexo A. Historia clínica, deportiva y nutricional.....	63
Anexo B. Consentimiento informado.....	65
Resumen Autobiográfico	69

Indice de tablas

Tabla 1.....	¡Error! Marcador no definido.
Datos de atletas sobre edad y tiempo de experiencia entrenando ultramaratón. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 2.....	¡Error! Marcador no definido.
Datos de antropometría y somatotipo	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3.....	¡Error! Marcador no definido.
Datos de relación de antropometría con el grupo experimental y el grupo control	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4.....	¡Error! Marcador no definido.
Consumo diario de macronutrients (recordatorio 24 horas).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5.....	¡Error! Marcador no definido.
Calorías oxidadas durante la carrera de 60 km	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6.....	¡Error! Marcador no definido.
Calorías ingeridas post carrera por 24 horas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7.....	¡Error! Marcador no definido.
Datos de prueba de milla y media	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8.....	¡Error! Marcador no definido.
Datos de comparación entre tiempo y TRIMP en grupo experimental y control ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 9.....	¡Error! Marcador no definido.
Datos de TRIMP EDWARD basado en la carrera de 60 km.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10.....	¡Error! Marcador no definido.
Marcadores inflamatorios séricos generales	¡Error! Marcador no definido.

*Tabla 11..... ¡Error! Marcador no definido.
 Marcador sérico de Creatina Kinasa (CPK) entre grupo control y experimental
 ¡Error! Marcador no definido.
 Tabla 12..... ¡Error! Marcador no definido.
 Marcador sérico de urea entre grupo control y experimental ¡Error! Marcador no
 definido.*

Indice de figuras

*Figura 1 Seguimiento de pruebas y suplementación en el protocolo..... 32
 Figura 2 Tomas y horarios de muestras sanguíneas de protocolo 33
 Figura 3 Distancia y altimetría de carrera de 60 kms..... 34*

Introducción

En la actualidad, en México, el deporte a altos niveles se ha ido incrementando y más en deportes y entrenadores de alta demanda como lo son el triatlón, maratón y ultra maratón. Las personas cada vez están más interesadas por ser activas y competitivas. Los kilometrajes que se recorren en competencia van desde los 50 km hasta multi etapas de 1600 km o más, el promedio de horas dependiendo de la distancia son desde 6 hrs hasta 10 días de competencia. A pesar de estas cargas tan elevadas a las que son sometidos estos atletas alrededor de mundo hay más de 70,000 personas compitiendo en ultra maratones cada año (IAAF, 2020). En México, cada mes hay diferentes ultra maratones en todo el país con distancias y altimetrías variadas, para poner a prueba las capacidades físicas para las que cada uno de los atletas se ha preparado. El nivel competitivo en México ha ido en incremento, en nuestro país tenemos a los Tarahumaras que son una comunidad indígena de la ciudad de Chihuahua. Estos atletas se caracterizan por ser muy buenos corredores, y se les apoda los “pies ligeros”. Ellos viven en la sierra Madre Occidental y su día a día es moverse a pie recorriendo largas distancias en huaraches (calzado de hule) y con este mismo calzado ellos corren sus competencias. Han ganado ultra maratones nacionales e internacionales (Bosworth & College, 2018).

El entrenamiento de alta intensidad ocasiona un proceso inflamatorio lo que es una respuesta del sistema inmunológico en reacción a cargas altas de entrenamiento o competencia. Este proceso puede llevar al atleta a tener un daño muscular localizado y

lesiones lo que provocaría una suspensión parcial o total del entrenamiento o competencia (Tanabe, Ohnishi, Ozawa, Sagayama, Maeda, 2018). Las contracciones excéntricas realizadas durante la carrera, pueden ocasionar un daño a nivel muscular y se puede analizar por medio de las proteínas, creatina quinasa (CK), urea y proteína C reactiva y el aumento de esta se origina de la destrucción miofibrilar y así también se utiliza como marcador de daño muscular (Castellar, Montoya, Duber, Penarrubia, Pradas, 2018). Aunado a estos daños endógenos ocasionados por el entrenamiento o competición los atletas en su día a día están bajo la influencia del estrés físico, psicológicos, nutricional y ambiental.

Encontramos que el problema de cada uno de estos atletas que se prepararon por meses para poder lograr un resultado, durante el proceso como todo atleta busca tener el mejor desempeño en el entrenamiento y competencia, y hacen todo lo que este en sus manos para poder lograrlo.

El entrenamiento y competencia de altas cargas como las que realizan estos atletas están sometidos a un estrés fisiológico, mental y nutricional constante y se ha visto un incremento de citoquinas inflamatorias que a su causa ocasionan un daño muscular elevado. Es por ello que consideramos la suplementación con cúrcuma para ver sus efectos sobre los marcadores inflamatorios séricos.

Por lo cuál nos planteamos la siguiente pregunta, ¿La suplementación con cúrcuma disminuye los niveles de marcadores inflamatorios séricos causados por el ejercicio en atletas de ultramaratón?

Lo que buscamos es poder apoyar a los atletas de una forma natural, en la disminución de daño muscular y efectos secundarios ocasionados por las altas cargas de actividad física así como para, esto mediante la complementación alimenticia con la cúrcuma.

La suplementación de cúrcuma tiene múltiples beneficios, uno de ellos es actuar como un antiinflamatorio celular sobre las citoquinas proinflamatorias y marcadores del daño muscular (Campbell Marilyn, 2020; Faria et al., 2020).

Este estudio fue factible, al contar los recursos financieros necesarios para que fuera viable, tanto para las evaluaciones de laboratorio, así como los materiales para la suplementación y pruebas de laboratorio. Tuvimos los atletas que nos apoyaron para poder realizarlo, así como el entrenador que nos brindó apoyo con la programación y logística.

Se consideró el estudio conveniente, al ser una alternativa de alimentación natural que ayuda a disminuir los efectos del daño muscular a través de la cúrcuma por sus propiedades antiinflamatorias.

Los atletas y los entrenadores son los más beneficiados de este estudio, ya que si se puede disminuir este efecto los atletas tendrán una mejor recuperación post entrenamiento o competencia y así el entrenador puede seguir planificando con cargas altas o también poder seguir con la planificación planteada sin tener que modificarla o tener que poner en reposo al atleta por algunos días para recuperación (Urdampilleta et al., 2015).

Se busca tener resultados que apoyen la evidencia científica para poder aportar más conocimiento en el área de deporte y nutrición y poder ayudar de una mejor manera a nuestros atletas en su recuperación disminuyendo los marcadores inflamatorios séricos por medio de la suplementación de cúrcuma.

La suplementación de cúrcuma pre carrera, busca disminuir el daño muscular ocasionado durante el entrenamiento o competencia de altas cargas o intensidad. Es importante la dosificación, a dosis muy bajas <10 g no se ha visto la concentración en sangre o resultados muy favorables, solo que fueran estudios a largo plazo con dosis bajas 1-2 g (Fernández, Mielgo, Seco, Cordova, Caballero, Fernández, 2020).

El objetivo general es analizar el efecto de la suplementación de cúrcuma sobre los marcadores inflamatorios séricos en atletas de ultramaratón.

Para ello diseñamos los siguientes objetivos específicos: Determinar si la suplementación de cúrcuma tiene un efecto positivo sobre los marcadores séricos inflamatorios. Determinar si la masa muscular, índice muscular óseo (IMO) e índice adiposo muscular (IAM) tienen un efecto de ventaja sobre la suplementación de cúrcuma y los marcadores inflamatorios séricos. Determinar si el tiempo de la carrera y el TRIMP tienen una ventaja sobre los marcadores inflamatorios séricos por la suplementación de cúrcuma.

La hipótesis que nos planteamos fue que la suplementación con cúrcuma disminuirá los niveles de marcadores inflamatorios séricos después de la carrera de larga duración en ultramaratonistas. La hipótesis nula sería la suplementación con cúrcuma no disminuirá los niveles de marcadores inflamatorios séricos después de la carrera de larga duración en ultramaratonistas.

Marco Teórico

Entrenamiento deportivo

De acuerdo a Issurin (2012) nos dice que el entrenamiento es la aplicación de cargas físicas a través de ejercicios físicos, con la intención de asegurar una participación satisfactoria en la competencia. Legaz (2012) dice que el entrenamiento es el proceso psicopedagógico y planificado que permite mejorar el rendimiento deportivo mediante factores condicionales, motores e informacionales bajo el conocimiento científico y empírico, y su aplicación se realiza mediante estímulos con el fin de inducir adaptaciones en el deportista que eleven su nivel de rendimiento y esta dividido en 3 fases: el proceso psicopedagógico donde surge la interrelación del entrenador-atleta para aumentar la motivación y enseñanza que es una de las claves de éxito en el deporte. La segunda fase es el proceso planificado donde surgen los modelos de planificación de acuerdo a la modalidad deportiva, al deportista y calendario de competición y se estructura en base a microciclo, mesociclo y macrociclo. Y la tercera fase es el proceso basado en el conocimiento científico y empírico donde el entrenador debe basarse en fuentes de información para estar actualizado en los métodos de enseñanza (Legaz, 2012).

También es un proceso de adaptación progresivo, más no lineal, que puede maximizar la probabilidad de mejorar el rendimiento deportivo, mediante el trabajo secuencial de cargas de trabajo y lapsos de recuperación (Suay, 2003).

El entrenamiento para optimizar el rendimiento deportivo es un proceso largo que le exige gran disciplina y sacrificio al deportista (Legaz, 2012).

Rendimiento Deportivo

El rendimiento deportivo es una acción motriz, cuyo reglamento lo fija la institución deportiva y que permite al atleta poder desarrollar todas sus capacidades físicas y mentales a su máxima potencia. Se habla de rendimiento cuando la acción optimiza la relación entre las capacidades físicas y el ejercicio que realiza. Sus resultados provienen de múltiples factores que pueden ser la condición física, coordinación neuromuscular, capacidades y habilidades técnico-tácticas, factores morfológicos, psicológicos; donde el rendimiento también está influenciado por diversos rasgos fenotípicos directamente relacionados con la modalidad deportiva. El rendimiento deportivo está asociado al desarrollo de factores importantes como lo son los factores de rendimiento informacionales, desarrollo de la fuerza y de la motricidad. Al igual que

estos factores también existen los factores que están inmersos en el entrenamiento como la genética, entorno vital y de entrenamiento y en competencia es cuando se compete en casa, por lo que el entrenador también los debe considerar como aspectos claves para poder llegar al objetivo deseado (Verdugo, 2015; Legaz, 2012).

Para que se de un rendimiento deportivo deben surgir diferentes aspectos durante el entrenamiento donde desde una perspectiva fisiológica es el proceso de repetición cíclica programada con el fin de alterar de forma irreversible la homeostasis o equilibrio interno del sistema funcional. La ruptura de homeostasis somete al cuerpo a una fase de alarma que se adapta durante el proceso de recuperación a niveles morfofuncionales superiores al estímulo de entrenamiento, después surge a lo que se denomina supercompensación que funciona como mecanismo protector del organismo por si surge un estímulo similar. Donde esto se vuelve un ciclo repetitivo para seguir creando estímulos cada vez mas intensos y sigan surgiendo adaptaciones morfofuncionales hasta poder lograr una adaptación estable que nos lleva al objetivo que es mejorar el rendimiento físico deportivo (Legaz, 2012).

Carga de entrenamiento – TRIMP

Como ya sabemos el objetivo de los entrenamientos deportivos es buscar como llegar o alcanzar un mejor rendimiento, que es un proceso adaptativo que se va dando durante un determinado tiempo. Y para llegar a esa meta se debe seguir una correcta progresión, distribución y optimización de las cargas de entrenamiento. Cuando se quiere medir la carga de entrenamiento ya sea relativa o absoluta es importante medir las adaptaciones que estos provocan (Pérez, 2016).

Es difícil la cuantificación de la carga mediante algunos métodos o modelos, ya que algunos en el proceso dejan de lado algunos factores importantes como lo son: tiempo de duración de la sesión, fatiga, frecuencia cardiaca, estado nutricional, entre otros. Se debe buscar el que mejor se adapte al deporte y se pueda obtener los mejores y más completos resultados que se estén buscando (Pérez, 2016).

El modelo impulso de entrenamiento (TRIMP), se encarga de cuantificar el estímulo de entrenamiento con una carga interna y externa, multiplicado por la carga de entrenamiento (volumen) por la intensidad del entrenamiento. La carga externa es prácticamente el trabajo completado por el atleta, como lo es la planificación del entrenamiento con sus diferentes capacidades de abordaje y la carga interna es a lo que

se refiere el estrés biológico, fisiológico y psicológico relativo impuesto por la misma carga externa, pero en conjunto ayudan a tener un monitoreo del entrenamiento y sus adaptaciones posteriores para poder modificar o ajustar el entrenamiento. Este modelo se propuso en 1980 por Bannister, está basado en el incremento de la frecuencia cardiaca (FC) gradualmente (Halsón, 2014a; Halsón, 2014b) (Pérez, 2016). Las desventajas de algunos modelos, es la imposibilidad de cuantificar las intensidades por encima de la frecuencia cardiaca máxima y la falta de medición de las pausas, por lo que sugirieron modificar este modelo y para poder cuantificar de mejor manera el ejercicio a altas intensidades. Y este es específico para entrenamientos de larga duración y poca intensidad al que llamaron: TRIMPi (estímulo de entrenamiento individualizado). Y la nueva fórmula para poder cuantificar este TRIMP se propone de la siguiente manera: multiplicar la ΔFC por un factor (y) para reflejar la intensidad del esfuerzo. Este factor (y) se basa en función del incremento exponencial de los niveles de concentración de lactato sanguíneo (bLA) y la elevación de la FC desde el reposo (Pérez, 2016).

Otro de los modelos más utilizado es el de zonas de entrenamiento en función a la frecuencia cardiaca, velocidad o bLA. Y como en los anteriores una de las desventajas que tiene este es la medición de intensidades al VO_2 máx, y que no mide la densidad; solo sirve para entrenamientos continuos sin pausas. Edwards (1993) fue el que propuso este modelo de diferentes zonas de entrenamiento, las cuáles son 5 zonas en función de la frecuencia: (zona 1: 50-60% FC máx.; zona 2: 60- 70% FC máx.; zona 3: 70-80% FC máx, zona 4: 80-90% FC máx. y zona 5: 90- 100% FC máx). Donde cada uno de estas zonas tiene puntuaciones que van de 1 (zona 1) a 5 (zona 5); y para poder obtener el resultado de la cuantificación de la carga es la siguiente fórmula: multiplicación del tiempo (min.) pasado en cada zona por la puntuación de esta misma y para la carga de trabajo se debe multiplicar el volumen (km) en cada zona de intensidad por su coeficiente, sumando todas las puntuaciones para la carga total (Pérez, 2016).

Pérez (2016) menciona que gracias a estos modelos podemos determinar o acercarnos a una carga de entrenamiento evaluada y ver si los entrenamientos están siendo los correctos para poder lograr el rendimiento. La FC es una manera fácil de poder realizar estos monitoreos, pero como en todo hay limitaciones como ya las antes mencionadas. Es importante la valoración de las mismas cargas de entrenamientos por medio de los factores biológicos y fisiológicos para poder obtener la mayor información posible y valorar los efectos que surgen ya sean agudos o crónicos de las cargas de trabajo y con esto poder planificar de la mejor manera o en dado caso modificar los

entrenamientos para seguir con el rendimiento en progreso y el atleta no se detenga por una fatiga crónica o un sobreentrenamiento.

Fatiga

El concepto de fatiga se usa para describir la disminución reversible o aumento de la dificultad real o percibida para realizar una actividad física. La fatiga es un fenómeno complejo y multifactorial donde existen varios factores que están relacionados con el ejercicio como: deporte, velocidad, duración de la contracción muscular, clima, reservas de energía, edad, sexo, condición física, estado de estrés (Arce, 2015).

La fatiga se caracteriza por dos cuestiones fundamentales: 1) la disminución de la capacidad de esfuerzo o rendimiento y la 2) disminución de la capacidad para generar fuerza muscular máxima o potencia máxima. Por lo cual, se clasifica por fatiga central o periférica. Si se ve afectado o alterado los procesos de la vía motora a nivel cortical hasta que el estímulo llega al sarcolema es la fatiga central; si hay alteración en el funcionamiento del sarcolema o de cualquiera de los procesos que están en el interior de las fibras musculares entonces se denomina fatiga periférica (López-Chicharro y Vaquero, 2006).

La sensación de fatiga es una elaboración mental consciente de múltiples factores neurofisiológicos y neuropsicológicos. Existe una buena conexión entre la fatiga medida por variables objetivas (pérdida de fuerza o potencia) y la de sensación de fatiga. Cuando existe una sensación de fatiga elaborada por cuestiones mentales no puede ser medida de forma objetiva, solo puede ser medida por parámetros subjetivos como lo es la escala de Borg (RPE, percepción subjetiva del esfuerzo) (López-Chicharro y Vaquero, 2006).

La disminución de energía suministrada como la acumulación de metabolitos pueden provocar un descenso de la fuerza muscular y que por consiguiente la aparición de la fatiga. La energía responsable de la contracción muscular depende de cuatro factores importantes: intensidad del esfuerzo, duración del esfuerzo, disponibilidad de sustratos energéticos y entorno hormonal. Otro de los factores que también se pueden ver afectados con la fatiga son las fibras musculares, las de contracción rápida que son fibras II tienen una capacidad glucolítica elevada y las fibras I son de contracción lenta y tienen una capacidad oxidativa alta. Por lo que se llega a concluir que las personas con fibras tipo II tienen una baja densidad capilar y un bajo contenido de encima mitocondriales y se fatigan mas fácilmente durante el ejercicio prolongado y estas fibras también alcanzan

una mayor acumulación de lactato, utilizan mas fosfocreatina y liberan al espacio extracelular mas lactato en ejercicios intensos de corta duración (López-Chicharro y Vaquero, 2006).

Existen 3 tipos de fatiga muscular, puede ser la crónica, subaguda o aguda, en deportes de resistencia arriba de 2 a 4 horas además de los factores ya mencionados anteriormente que causan la fatiga en este tipo de deportes la alteración homeostática electrolítica, el agotamiento del glucógeno muscular, pH muscular, temperatura, flujo sanguíneo, acumulación de productos del metabolismo, estrés oxidativo, entre otras pueden causarla. Existen varios marcadores de fatiga muscular para evaluarla como lo son el peróxido de hidrógeno, vitamina E, albumina, acido ascórbico, proteína C reactiva, interleucinas y el factor de necrosis tumoral- α . Y para su recuperación se puede controlar mediante el recuento de leucocitos y con la IL-6 en sangre, CK, lactato deshidrogenasa (LHD), o transaminasas ALT y AST, que también se ven elevados en daño muscular (Urdampilleta et al., 2015).

Consumo máximo de oxígeno (VO₂max)

De acuerdo a Pallares (2012) dice que el consumo máximo de oxígeno se define como la cantidad más elevada de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo.

Este se puede relacionar con la intensidad de la carga o potencia de ejercicio aeróbicos, donde si la producción de energía es mayor la producción de metabolismo anaeróbico se activa. Con esta métrica se considera uno de los mejores índices de predicción del rendimiento aeróbico del atleta y uno de los principales indicadores de la salud cardiorrespiratoria (Pallarés y Morán, 2012).

El VO₂max cuando se entrena cercano a sus niveles máximos la fuente principal de energía será el glucógeno, donde la capacidad aeróbica esta a un 65% y la anaeróbica esta a un 65%. Y para poder mejorar este parámetro se debe entrenar con un entrenamiento periodizado sobre la zona (R3 y R3+) donde las capacidades de soportar y mejorar esfuerzos a estas condiciones van a desencadenar adaptaciones periféricas como aumento de la densidad capilar, densidad mitocondrial, y aumento en enzimas mitocondriales (Pallarés y Morán, 2012).

Prueba de la milla y media

Esta prueba consiste en correr una distancia de 1.5 millas (1.609 mts) en el menor tiempo posible. Su propósito es determinar la capacidad o tolerancia aeróbica. En la actualidad existen diferentes formas de obtener el consumo máximo de oxígeno y esta prueba es una de ellas (Lopategui, 2012).

Es una prueba de que no requiere de equipo costoso y puede evaluar a un gran número de participantes simultáneamente. Solo se necesita un cronómetro o reloj con segundero, una pista o área con una distancia medida y hojas para el registro de los resultados (Lopategui, 2012).

Una vez ya teniendo los resultados del test, se pueden utilizar distintas fórmulas para obtener el resultado del VO_{2max} . La fórmula de The American College of Sport Medicine (ACSM) que tiene una alta correlación a los métodos estandarizados para determinar el VO_{2max} (Koutlianos, Dimitro, Deligiannis, Kouidi, 2013).

De acuerdo a los resultados y edad se puede clasificar a los atletas por medio del VO_{2max} si se encuentran dentro de una buena capacidad aeróbica o no (Lopategui, 2012).

Ultramaratón

Se sabe que este deporte también es llamado distancia ultra, es todo evento deportivo que se realice en carrera a pie con una longitud mayor a la del maratón que son 42,195 metros. Existen 2 tipos de ultramaratón: el primero es cubrir cierta distancia establecida y el segundo es la distancia máxima que se pueda recorrer en determinado tiempo.

La Asociación Internacional Ultra de Corredores (IAU) organiza los campeonatos mundiales de varias distancias de ultra, que también son reconocidas por la asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (IAAF). Los eventos más comunes son los de distancia de 50 km, 80 km y 100 km. Aunque también existen carreras por etapas que se realizan por días por distancias mayores a 300 kms, hasta la distancia de la carrera mas larga del mundo que es de 3100 millas que se realiza en Nueva York (Knechtle y Nikolaidis., 2017).

La ultramaratón se ha convertido a través de los años en algo mas popular día con día, lo que ha llevado a investigar cada vez mas a profundidad sobre la fisiología y la biomecánica de los corredores.

Se ha investigado que el promedio de la velocidad en la corrida durante la larga distancia es directamente proporcional al VO_{2max} y fracción y es inversamente proporcional al gasto de energía, lo que se a concluido que este gasto es independiente a

la velocidad y es dependiente a la inclinación así como a las características de terreno (Balducci et al., 2017).

Hay ciertos factores de estrés que afectan a los corredores durante la carrera que no siempre se presentan, pero frecuentemente lo podemos observar así como los calambres por deshidratación y ejercicio extenuante, las lesiones por un mal cuidado o sobrecarga física, problemas gastrointestinales al ingerir una ingesta mayor a lo que normalmente están entrenados, pensamientos de sabotaje para parar durante la carrera por cansancio y estrés (Holt et al., 2014). Que estos factores deben de saber como manejarlos o aprender a como salir de ellos y no irrumpen la estabilidad física y emocional que necesitan cada uno de ellos para poder llegar a la meta con sus objetivos.

Los 3 factores mas importantes en estas carreras son: tener la fuerza física que se adquiere en el día a día con los entrenamientos, la psicológica y motivacional que te hace seguir levantándote para cumplir tus objetivos y querer lograr mas y el factor nutricional que es otro de los aspectos mas importantes durante este proceso, ya que el rendimiento físico es la base de esta carrera y no se logra solo en el entrenamiento.

Se sabe que la actividad física regular puede mejorar ciertas enfermedades y previene las patologías metabólicas que hoy en día afectan a gran parte de la población. Lo que hoy se sabe que el ejercicio extenuante de ultra distancias puede traer efectos no benéficos a la salud como: anormalidades cardiacas, daño en músculo y cartílago y reacción en el sistema inflamatorio (Kłapcińska et al., 2013). Como ya sabemos que todo en exceso puede traer enfermedades o lesiones al cuerpo humano, y con esto nos lleva a tener una evaluación mas exhaustiva, cercana y frecuente con el atleta para tener un mejor monitoreo para evitar lo antes mencionado.

Algo importante que también se tiene que tener en cuenta al realizar este deporte es que existen variables o factores para tener el mejor rendimiento en la montaña. Dentro de estas variables se encuentra la edad, características antropométricas como grasa corporal, IMC, circunferencia de extremidades, volumen de entrenamientos y experiencia previa (Knechtle y Nikolaidis., 2017).

Sin antes olvidarnos de las capacidades físicas que estos atletas tienen que desarrollar o tienen que enfocar sus entrenamientos para poder realizar sus carreras. Las mas importantes a entrenar es la resistencia aeróbica donde se entrena la resistencia a la fatiga. También se una de las principales es la fuerza-resistencia: la capacidad de vencer la resistencia de una contracción muscular por un largo periodo de tiempo. La velocidad de desplazamiento para poder recorrer la distancia corta o sprints en un menor tiempo (se

puede manejar con el cierre de la carrera) y la movilidad articular, ya que esta da poder de elongación de los músculos, así como la flexibilidad para poder realizar los movimientos de articulaciones y músculos en el mejor rango y eficiencia posible. En este deporte se trabajan y se entrenan el sistema musculoesquelético, cardiorrespiratorio, hematocirculatorio, endocrino-metabólico y psico-neurológico. El alto nivel de competición lleva a los atletas a someterse a cargas de estrés física y mental todos los días (Rosa, 2016).

Respuesta Inmune

El sistema inmunológico es un sistema de respuesta de defensa que protege al cuerpo humano ante los agentes dañinos o sustancias extrañas (antígenos) que puedan atacar al cuerpo.

La función principal de este sistema es reconocer y eliminar a los agentes patógenos que se presenten en determinado tiempo (Zapatera, Prados, Gómez-Martínez, y Marcos, 2015).

Este sistema se divide en 3 niveles de defensa: barreras anatómicas y fisiológicas, inmunidad innata o inespecífica e inmunidad adaptativa o específica. La primera barrera incluye lo que es piel, mucosas, lágrimas y saliva, etc, si el patógeno logra cruzar esta barrera se activa el 2 nivel de defensa que esta compuesta por células como: neutrófilos, basófilos y eosinófilos, linfocitos. En dado caso que este nivel 2 falle o no sea suficiente se activa la respuesta inmune adaptativa que es una respuesta muy compleja que se clasifica en 2 tipos: la humoral que es por medio de los linfocitos B y celular que es por linfocitos T, estos tienen la capacidad de secretar las citoquinas las cuales actúan para dar inicio y desarrollo de la respuesta inmune (Zapatera et al., 2015).

Cuando existe una carga de ejercicio intenso este induce al cuerpo a un estrés fisiológico elevado lo cual activa las señales en el eje hipotálamo- hipófisis- adrenal (HHA) en conjunto con el sistema nervioso central activan el sistema inmunológico que van a trabajar en conjunto en comunicación bidireccional ambos sistemas. Cuando hay una activación del sistema inmune hay secreción de citoquinas ante la respuesta de inflamación, que dan paso a linfocitos, neutrófilos, monocitos para depurar el antígeno y recuperarlo. Las reacciones inmunes en este proceso activan y movilizan a los leucocitos, inducen la respuesta de fase aguda, incrementan las proteínas proinflamatorias, hay infiltración celular y daño tisular (Londoño et al., 2006).

Proceso Inflamatorio

La inflamación es una reacción aguda o crónica de los músculos ante diferentes factores que alteran la homeostasis fisiológica. Algunas respuestas fisiológicas agudas pueden ser producto de infección bacterial, cirugías, quemaduras, neoplasias, enfermedades inflamatorias, entre otras; así como en esta ocasión también el ejercicio extenuante (Fallon, 2001). Los atletas se someten a cargas altas de entrenamiento y competencia y lo cuál generan un desgaste fisiológico muy elevado y comprometen funciones del organismo y este es el desencadenamiento de proceso inflamatorio por medio del sistema inmunológico. El síndrome de respuesta inflamatoria es caracterizada por hipercitoquinemia, que la respuesta de las citosinas a diferentes tipos de ejercicios, que difiere a las infecciones severas. Lo que a su vez, esta respuesta estimula a TNF-a, IL-1, IL-6 que estas están presentes en primera mano para generar una respuesta inflamatoria (Sugama et al., 2012). La respuesta inflamatoria es parte de la protección y reparación del daño tisular muscular y de funciones en el sistema inmunológico y esto es manejado principalmente por citoquinas y quimiocinas (Goh, Leong, Suzuki, 2019).

Cuando el proceso inflamatorio aparece induce el daño muscular y el daño muscular acumulado hasta la alteración en el sistema inmunológico lo que hace que el cuerpo humano tenga una inmunosupresión a la que le llaman “open window” es el lapso de tiempo donde las infecciones son de mayor prevalencia y pueden ser atacados con mayor facilidad, que esto ocurre después de 72 horas posteriores del ejercicio extenuante (Goh, Leong, Suzuki, 2019).

Cuando existe un proceso inflamatorio y se sigue con el entrenamiento o con la competencia este ocasiona el daño muscular, donde están presentes vasos sanguíneos, células sanguíneas como: neutrófilos, leucocitos, macrófagos y linfocitos T, que ayudan a regresar a la homeostasis al cuerpo. Este daño muscular a largo plazo si no se regresa a su homeostasis o recuperación completa puede llegar a someter al atleta al sobreentrenamiento o lesión (Peake et al., 2017).

Daño Muscular

Cuando se realiza ejercicio surge la respuesta del dolor muscular que puede aparecer en atletas principiantes o elite por exceso de ejercicio. Lo que ocasiona desde

una sensibilidad muscular hasta dolor debilitante severo. Este proceso va a depender de factores como lo son la intensidad y duración del ejercicio, Actualmente existen 6 teorías que proponen el porque del mecanismo del dolor muscular: ácido láctico, espasmos musculares, daño en tejido conectivo, daño muscular, inflamación y flujo de enzimas (Cheung et al., 2003). De acuerdo al estudio que estamos realizando nos vamos a enfocar en la teoría del daño muscular. El daño muscular es ocasionado por la disrupción del componente contráctil del tejido muscular, a nivel de la línea Z localizada al final de cada sarcómero. Por lo que este daño aumenta la tensión por unidad de área ocasionando una reducción de unidades motoras activas en acciones excéntricas. En el músculo se encuentran los nociceptores que son los receptores encargados de responder ante estímulos nocivos, por lo que en la región de arterias, capilares y articulaciones músculo tendinosas son estimuladas dejando una sensación de dolor (Cheung et al., 2003).

Después de esta explicación se puede analizar que durante el ejercicio extenuante se ocasiona fisiológicamente el daño muscular en atletas entrenados independientemente la edad, lo que se caracteriza por tener rompimiento en el sarcolema, sistema sarcotubular, componentes miofibrillas contráctiles, daño en el citoesqueleto y anormalidades extracelulares de la matriz de miofibras (Faria et al., 2020). El daño muscular está asociado con una alteración en la permeabilidad de la membrana y disrupción celular, lo que ocasiona una infiltración de proteínas plasmáticas a torrente sanguíneo; las proteínas intramusculares se verán aumentadas en sangre y aumentará el dolor e hinchazón muscular. Y como consecuencia el ritmo de entrenamiento y carga de sesiones deberán disminuir para poder reducir los dolores musculares, marcadores inflamatorios, daño muscular, lactato acumulado y así sucesivamente aumentar nuevamente la función neuromuscular que se perdido, al igual que el rango de movimiento y actividad. Por lo cual, después de un entrenamiento o competencia de carácter extenuante podemos analizar el daño muscular con el marcador indirecto del daño muscular como lo es la creatinaquinasa (CK) (Ramos-Campos., Avila-Gandía., Alacid., Soto-Méndez., Alcaraz., López-Román y Rubio-Arias, 2016).

Los marcadores que se toman para analizar el daño muscular pueden ser distintos, en esta situación se analizará por medio de la enzima CK, urea y proteína C reactiva. Estas tienden a elevarse durante y permanecer elevadas después de algunos días posteriores al ejercicio y su proceso de incremento y descenso dependerán de acuerdo a la intensidad, duración, sexo, raza y tipo de ejercicio que el atleta realice.

Creatina Quinasa

La creatina quinasa (CK) es una enzima que se encuentra en mayor cantidad en el músculo esquelético en comparación al cardiaco, es la encargada de catalizar la producción de fosfocreatina a través de la fosforilación de una molécula de creatina, consumiendo una molécula de ATP durante el proceso; lo que nos indica que es un importante buffer en los tejidos para la demanda de los diferentes tipos de energía. Esta enzima a niveles elevados puede ser un indicador de daño muscular, así como múltiples condiciones patológicas (Kristjansson et al., 2016). Sus niveles van a depender de múltiples factores como: edad, género, raza, masa muscular, actividad física y condiciones climatológicas. Dentro de la actividad física nos puede servir como un indicador de daño muscular por ejercicio extremo, donde normalmente tiende a incrementarse en actividades de larga duración como: maratón, ultra maratón, triatlón, etc.

La CK a niveles normales es aproximadamente de 100 IU/L, pero en ejercicio excéntrico la CK circulante puede elevarse hasta 40000 IU/L, indicando una elevada permeabilidad en la membrana del músculo a la hora del rompimiento en la línea Z (Cheung et al., 2003). La actividad sérica de la CK se puede elevar hasta 30 veces su límite superior notablemente durante 24 horas después del ejercicio y desciende gradualmente durante los siguientes 7 días. El nivel de aumento depende del tipo de duración del ejercicio y también tiende a elevarse más en personas que no están entrenadas (Moghadam, Oddis, Aggarwal, 2016). Otra manera de poder interpretar los valores de referencia en comparación de CK y ejercicio es si la concentración de CK está en 200 UI es que hay una adaptación al entrenamiento. Si alcanza valores de 200-250 UI hay niveles elevados de entrenamiento y >300 UI es que haya un posible sobreentrenamiento y un daño muscular (Palacios, Pedrero-Chamizo, Palacios, Maroto-Sánchez, Aznar, González-Gross, 2015).

La elevación de esta enzima puede ser consecuencia de 2 causas, ya sea metabólica o mecánica. Lo cuál cada una de ellas ocasionan el daño muscular a consecuencia del ejercicio. Que se puede ver reflejado con debilidad, pérdida de fuerza y calambres. Si la concentración sérica se mantiene elevada por más del tiempo determinado se tiene que analizar nuevamente los parámetros séricos, así como el reposo absoluto de entrenamiento hasta que los síntomas o signos hayan desaparecido y los niveles regresen a la normalidad para así volver a entrenar (Metral, 2009).

Urea

La urea es el producto final del metabolismo de las proteínas, la degradación de los aminoácidos. La urea se convierte desde la acumulación de amoníaco en el hígado, donde se sabe que el amoníaco puede ser toxico en altas concentraciones y el nitrógeno presente en el amoníaco no puede ser utilizado y el hígado se encarga de convertir el amoníaco en urea por medio de varias reacciones, lo que se llama el ciclo de la urea. Ya una vez que la urea esta formada en la reacción número cuatro en su ciclo, es soluble en agua y por lo cual es desechada por el hígado por medio de la sangre hacia los riñones por donde se excreta por medio de la orina (MacLaren y Morton, 2011).

La urea sérica se utiliza como biomarcador (es un producto o sustancia medible del organismo que se utiliza como indicador del estado biológico para determinar procesos fisiológicos o patológicos en el cuerpo humano y en el ámbito deportivo es para evaluar el impacto que tiene el ejercicio sobre los tejido y órganos) para el control del entrenamiento, en el cual se ha investigado para obtener la magnitud del catabolismo proteico y como indicador de la adaptación, asimilación y recuperación del atleta a las cargas de entrenamiento. El aumento de la concentración en sangre de la urea se da cuando las cargas de entrenamiento son muy altas, por ejemplo, en el ejercicio con intensidades o esfuerzos mayores a 60 minutos. Aunque también se debe de considerar algunos factores como la ingesta de proteínas, concentración de glucógeno muscular, velocidad de producción y relación con otras vías energéticas (glucogenolisis), velocidad de eliminación por el hígado a sangre y sudoración y pérdida de electrolitos por orina (Petro, 2013; Calderón, Benito, Meléndez, González, 2006).

La urea también puede ser un indicador de intensidad para entrenamientos lo cual indica que cuando esta elevada la sesión de entrenamiento ha sido adecuada, el regreso a números basales normales indica que se puede realizar nuevamente otra carga de entrenamiento, si no regresa a sus valores normales en 24 horas, el atleta deberá tener una sesión de recuperación (Calderón, Benito, Meléndez, González, 2006).

Proteína C Reactiva

La proteína C reactiva (PCR) se origina en el hígado y al haber una estimulación de IL-6 induce su síntesis y liberación sistémica por lo cual su nivel tiende a elevarse

cuando hay inflamación en el organismo. La PCR tiene un aumento transitorio a corto plazo después de realizar un ejercicio intenso, que es producido en la fase de repuesta aguda inducida por ejercicio, y es mediada por las citocinas y principalmente la IL-6 (Kasapis & Thompson, 2005).

Existen múltiples estímulos que pueden provocar un aumento de esta como: infecciones, traumas, cirugías, condiciones inflamatorias crónicas y el ejercicio. El ejercicio a una intensidad muy elevada puede provocar ese aumento como un indicativo de una mala adaptación al ejercicio o un sobreentrenamiento debido al proceso de estrés oxidativo (inflamación), después de una adaptación al ejercicio los valores deben de regresar a sus parámetros normales (Palacios et al., 2015).

En personas sedentarias un nivel elevado de PCR está asociado con eventos cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares isquémicos, al igual con elevación de glucosa e insulina en ayuno, por lo cual lo han establecido como un marcador clínico global para detectar riesgo metabólico y cardiovascular. Que en atletas entrenados no es la situación ya que su elevación es por cuestiones inflamatorias causadas por el ejercicio de alta intensidad, porque en pacientes sedentarios una actividad alta puede reducir la PCR en un 32% (Duffield et al., 2010; Fedewa et al., 2017).

Ayudas Ergogénicas

Es la suplementación nutricional que se realiza con el fin de mejorar el rendimiento deportivo. Estos suplementos hoy en día son muy utilizados en los atletas amateurs como en los de alto rendimiento. Los atletas son sometidos a altas cargas de entrenamiento y competición, lo cual siempre van a buscar tener el mejor rendimiento mejorando su calidad dentro y fuera del campo de entrenamiento (Burke, 2010).

Un suplemento es tomado vía oral el cual contiene un ingrediente nutricional para suplementar el plan nutricional o mejorar la marca deportiva (Burke, 2010). Estos suplementos son dosificados y prescritos por un nutriólogo deportivo o médico deportivo, ya que hay algunos suplementos que están dentro del dopaje deportivo y los atletas pueden quedar descalificados por estos resultados.

Por esta razón existen 4 clasificaciones dentro de ellas:

1. A: son las que están permitidas y están científicamente comprobadas que realmente funcionan en el rendimiento deportivo. No son doping positivo.

2. B: Son las que están en proceso de aprobación o experimentación. No son administrados a atletas
3. C: Estas no funcionan como ayudas ergogénicas.
4. D: Hacen daño a la salud, son doping positivo.

Las ventajas que brindan estas ayudas son: mejorar la producción, control y/o eficiencia del rendimiento deportivo e incremento en la recuperación (Sanz, 2016). Se debe investigar primero que nada, si en realidad funcionan o no para lo que se está buscando, verificar las dosis a la cual se debe suplementar, analizar si están dentro o no del dopaje deportivo y que tanto beneficio trae al cuerpo humano. También otro de los aspectos a tratar con estas ayudas es la constancia a la hora de la ingesta del suplemento ya que no son productos mágicos que a la primera toma surgen efecto.

Inmunonutrición

Es una materia interdisciplinar que abarca aspectos relacionados con la nutrición, se clasifica en: inmunidad, infección, inflamación e injuria o daño tisular, a esto se le ha llamado como la nutrición y las cuatro “ies” (Zapatera et al., 2015).

Hoy en día este campo es relativamente nuevo, pero se ha visto mucha relación entre la nutrición y el sistema inmune dentro de cada una de las clasificaciones de la inmunonutrición. Dentro de la injuria o daño tisular se ha considerado que los nutrientes también pueden modular este daño por hipoxia o toxinas. La función inmunitaria de los seres humanos puede ser afectada por varios factores como: edad, sexo, IMC, genética, estrés, tiempos de ayuno, intensidad, tipo y duración del ejercicio, etc. Lo cual se deben tener en cuenta cuando se realicen estudios en humanos. Los factores circulantes como las citoquinas pueden verse afectadas por estados de malnutrición como por exceso o defecto (Crabtree, 2010).

Como ya sabemos los atletas están bajo mucho estrés fisiológico por las altas cargas de entrenamiento o competencia, que también los ambientes extremos como: frío, calor o alturas hacen tener un sistema inmunosuprimido después de estas cargas y por consiguiente expuestos a contraer mas probable alguna infección. Es por esto que se ha empezado a estudiar en atletas como poder ayudarlos a beneficiarse mediante la inmunonutrición para mantener y aumentar su sistema inmunológico durante estos periodos de estrés fisiológico y puedan tener un mejor rendimiento (Walsh et al., 2011).

Cúrcuma

El turmeric es adquirido por la Cúrcuma Longa (turmeric) que es una planta tuberosa herbácea perenne con flores amarillas y hojas anchas y es de la familia del jengibre (Zingiberaceae) donde mayormente crece en climas tropicales. Esta planta es originaria de la India, pero actualmente esta en muchos países (Kocaadam y Sanlier, 2017).

La cúrcuma, es un componente medicinal y bioactivo, se deriva de su rizoma. Es utilizado como especia y para darle mayor sabor y color a la comida.

Desde los años 2500 en Asia la utilizaban como tratamiento para diferentes enfermedades y en China también la utilizan como medicina adyurveda o tradicional. Por lo antes mencionado ya se sabe que esta planta tiene múltiples beneficios como medicinales y propiedades biológicas como: cicatrizante, anticancerígeno, antioxidante, hepatoprotector, antiinflamatorio y antimicrobial (Ross, Ronald, Preedy, 2019).

Curcumina es el fitoquímico que le da el color amarillo de la cúrcuma que es diferuloilmetano [1, 7-bis (4-hidroxi-3 metoxifenil) -1, 6-heptadieno-3,5-diona] que es el principal curcuminoide que se encuentra en la cúrcuma y además de la curcumina, se encuentran otros dos análogos que son demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina (Ross, Ronald, Preedy, 2019).

Esta raíz contiene el 69.4% de carbohidrato, 6.3% de proteína, 5.1% de grasa, 3.5% de minerales y humedad de 13.1%. Se sabe que no es soluble en agua en pH ácido o neutro, por lo que si es soluble en acetona, metanol y etanol. Es una raíz sensible a la luz y por lo que se recomienda tenerla protegida de la luz (Kocaadam y Sanlier, 2017).

Se sabe que es estable en el estómago y en el intestino delgado, su lipofilia le permite una rápida absorción por difusión pasiva y es excretada por bilis, heces y también por orina. Su baja biodisponibilidad se atribuye a su insolubilidad en agua y rápido metabolismo a metabolitos inactivos, lo que se estudió para aumentar su biodisponibilidad fue combinarla con otros sustratos (Stohs et al.,2020) .

La cúrcuma se puede suplementar por medio de cápsulas con polvo del extracto, pero al tener una biodisponibilidad pobre como se mencionó anteriormente, se puede mezclar con otras sustancias para aumentar su absorción como: pimienta negra, fosfolípidos, nano partículas, etc. (Mohammad, Seyed, Sanches, 2019) lo cuál hace que haya un incremento en la absorción y se mantenga por más tiempo en el cuerpo y ayuda a tener un mejor efecto benéfico sobre el cuerpo humano, a comparación si no estuviese combinada con alguno de estos anteriores.

Existen en el mercado varios suplementos avalados por FDA (Food and Drugs Administration) y han sido investigados científicamente que han comprobado sus múltiples beneficios. Los curcuminoides han sido aprobados por la FDA como "Generalmente reconocidos como seguros" (GRAS), se han realizado estudios en los cuales la tolerabilidad y seguridad esta la dosis 4000 mg y 8000 mg/día y dosis hasta 12000 mg/día de concentración 95% de los 3 curcuminoides: curcumina, bisdemetoxicurcumina y demetoxicurcumina (Hewlings y Kalman, 2017)

Al igual la OMS (Organización Mundial de la Salud) acepta una ingesta diaria de curcuminoides como un aditivo a la comida en un rango de 0-3 mg/kg (Jeffrey, 2019). Sus contraindicaciones es dar en pacientes con medicamento anticoagulantes ya que esta planta aumenta el efecto. Los pacientes con cálculos biliares o afecciones de toxicidad hepática grave tampoco están permitidos en tener ingesta de esta. En embarazo y lactancia tampoco se debe administrar, al igual en personas menores de 18 años. Y personas con úlceras gástricas debe evitarse ya que puede dar irritación en la mucosa intestinal o gástrica (Valtueña, 2018).

Dentro de los múltiples beneficios que tiene la cúrcuma nos vamos a enfocar en el antiinflamatorio que se ha visto que reduce la inflamación de concentración de citoquinas en el músculo esquelético, reducción de fatiga y dolor muscular (Kocaadam, & Sanlier, 2017).

La cúrcuma como ya se sabe es un agente antiinflamatorio y antioxidante y se piensa que es porque tiene las propiedades de los grupos hydroxil y methoxi. Lo que ocasiona que la cúrcuma inhiba el proceso de interleucinas proinflamatorias (IL-1, 2,6, 8 y 12), así como citosina TNF-a (proteína quimioatrayente de monocitos 1). También se afirma que regula la respuesta inflamatoria reduciendo las enzimas sintasa de oxido nítrico inducible (iNOS), ciclooxigenasa-2 (COX-2), lipoxigenasa y xantina oxidasa , por lo cual puede causar una supresión de la activación de NF-kB (es clave en la regulación de la respuesta inmune y respuesta celular ante estímulos como las citoquinas) (Kocaadam, & Sanlier, 2017).

Como se puede analizar en (Amalraj, Augustine, Divya, Chandradhara, Gopi, 2020) los atletas que fueron suplementados con cúrcuma pudieron ver que los niveles fisiológicos disminuyeron y los que utilizaron placebo aumentaron un (11.10%), lo que se puede observar que la cúrcuma puede atenuar el DOMS ocasionado por el daño muscular en ejercicio excéntrico y también mejora la recuperación de DOMS.

Pimienta Negra

La piperina es un compuesto que pertenece a los alcaloides y es responsable del sabor de varias especias de pimienta. Pertenece a la familia de *Piperaceae*, y se ha detectado también en otras especies de plantas (hododendron faurie, Vicoa indica, Anethum sowa, entre otras). En su contenido es la pimienta negra (*Piper nigrum L*) en un 2% y la pimienta larga (*Piper longum L*) 9%, que se ha utilizado desde tiempos ancestrales como una especia a través del mundo (Stojanovic-Radic, Pejic, Dimitrijevic, Aleksic, Anil Kumar, Salehi, Cho, Sharifi, 2019; Gorgani et al., 2017).

Al igual que la cúrcuma esta especia se ha utilizado como medicina adyurveda donde se recomienda para fiebres, condiciones gastrointestinales, desordenes neurológicos, y bronco-pulmonares, entre otras enfermedades (Zorica et al.,2019).

Se ha investigado sobre las propiedades de la piperina que tiene una alta influencia en efectos fisiológicos como: antiinflamatorio, antihipertensivo, antiagregante, antioxidante, antitumoral, antidepresivo, entre otras. (Zorica et al.,2019; Joshi , Shrestha, Adhikari, 2018)

La pimienta negra tiene un componente activo que es la piperina que se ha visto que mejora la biodisponibilidad de la cúrcuma en el cuerpo hasta un 2000% (Barthélémy et al., 2017).

Se ha comprobado que la piperina por su contenido alto de piperina (1-piperoilpiperidina) que se sabe que mejora la biodisponibilidad de los fármacos mediante la inhibición de la glucuronidación en el hígado e intestino delgado, así también como inhibiendo la enzima que metaboliza los medicamentos (citocromo P450) o por el factor de resistencia eléctrica transepitelial (TER) en el control de la permeabilidad de la mucosa intestinal (Gorgani et al., 2017).

Su mecanismo de acción es promover la rápida absorción del tracto gastrointestinal o protegiendo el suplemento a que sea metabolizado en su primer proceso en el hígado después de ser absorbido en el tracto gastrointestinal o en ambos (Zorica et al., 2019; Singh & Deep, 2011).

Estudios Relacionados

Se han estudiado y analizado diferentes tipos de alimentos naturales en personas que realizan actividad física y poder ver si realmente funcionan o no para mejorar su

rendimiento físico, marcadores de daño muscular o dolor muscular que son efectos del proceso inflamatorio inducido por el ejercicio.

En el artículo de Mashhadi et al, (2013) se evaluó la respuesta inflamatoria por medio de la citoquina IL-6 y el dolor muscular. Se suplementó a 60 mujeres sanas, deportistas de artes marciales de edad 13-25 años a las cuales a un grupo se suplemento con 3 g de polvo de jengibre, polvo de canela o placebo por día por ocho semanas. Las muestras sanguíneas se obtuvieron 24 horas después del ejercicio de fuerza específico para temporada competitiva, y el dolor muscular se obtuvo con la escala de 7 puntos de Likert y se obtuvo a intervalos de 24 horas hasta 46 horas después del ejercicio, al inicio y después intervención. Ya que han visto que la canela la utilizan como alimento antiinflamatorio al igual que la cúrcuma, lo cuál se demostró que a as 6 semanas de 3 g de jengibre y canela por días consecutivos disminuyó los niveles de IL-6 a niveles plasmáticos y que 3 g de jengibre fue efectivo para reducir el dolor muscular, pero esta no fue efectiva con la canela. En base a este estudio nos podemos basar en tomar a decisión de trabajar con la cúrcuma para poder obtener un análisis en ejercicio de resistencia puede disminuir el proceso inflamatorio o tener efectos positivos de esto.

Otra investigación (Stevens y Best, 2016) se recopilaron estudios aplicados con el mentol, ya fuera por medio de enjuague bucal, bebida, o vía externa por gel o spray. El mentol lo utilizaron como ayuda ergogénica para evaluar el desempeño deportivo de los atletas en rendimiento en resistencia, velocidad, fuerza y rango de movimiento. Y pudieron recopilar, analizar y llegar a la conclusión que mejora la sensación de enfriamiento en ejercicio de resistencia en ambiente caliente, y también que el mentol fue aplicado internamente. Otros estudios observaron que el rendimiento de resistencia se mejoro por medio de la aplicación del mentol vía externa. Y otros estudios todavía no pueden determinar si es benéfico para la velocidad y fuerza, solo para el rango de movimiento después del ejercicio que induce el DOMS. Como ya vimos anteriormente la inmunonutrición como coadyuvante del buen rendimiento del deportista. Hoy en día se han estudiado numerosos alimentos para poder ayudar de forma mas natural y antidopaje para los atletas a que tengan una mejor recuperación o disminución de los marcadores de daño muscular de forma efectiva.

En el articulo realizado por Ferrer et al, (2011) de suplementar por medio de antioxidantes (verbena de limón) en el cuál participaron 15 jóvenes sanos y con entrenamiento moderado. Se tomaron muestras de sangre para evaluar la CK, mioglobina, AST, ALT, GGT, neutrófilos, IL-6, TNF-a, IL-1B. Lo que pudieron concluir

es que la corrida intensa por 21 días en hombres entrenados suplementados por verbena de limón tuvo una disminución en la citoquina IL-6 e IL-1B después de 12 días. También se vio una protección contra los neutrófilos contra el daño oxidativo, y al igual disminuyó los signos de daño muscular e inflamación aguda. Con esto podemos concluir que los alimentos o ingredientes que tienen funcionalidad antioxidante y antiinflamatoria pueden ayudar a disminuir los marcadores directos e indirectos de daño muscular, así como proceso inflamatorio en el ejercicio.

La siguiente investigación se realizó con un diseño de estudio cruzado de doble ciego, controlado con 10 atletas masculinos de edades 26.8 ± 2.0 , donde se dividieron en 3 grupos: placebo (control), dosis única (antes del ejercicio) y doble (antes y después del ejercicio) donde recibieron dosis oral de 90 mg de cúrcuma o de placebo 2 horas antes del ejercicio e inmediatamente después. Cada uno de los participantes debía correr o caminar al 65% de su VO_{2max} en caminadora por 60 minutos. Lo que buscaban encontrar en sus resultados era que si la cúrcuma ayudaba a prevenir el estrés oxidativo en respuesta al ejercicio de alta intensidad o si era perjudicial al interferir con los efectos fisiológicos del ROS durante el entrenamiento físico. Para obtener los resultados realizaron punciones venosas antecubitales antes, después del ejercicio y después de 2 horas posteriores al termino donde analizaron los siguientes parámetros: sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS), glutatión oxidado (GSSG), superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), glutatión peroxidasa (GPX), glutatión reductasa (GR). Donde se llegó a la conclusión que la suplementación de cúrcuma aguda no atenúa el estrés oxidativo inducido por ejercicio, pero si aumentaba la capacidad antioxidante en respuesta al ejercicio (Takahashi et al., 2014).

En el estudio de (Roohi et al., 2017) reclutaron a 21 participantes masculinos que fueron asignados al azar en un estudio doble ciego controlado con placebo en dos grupos, curcumina y placebo. El objetivo del estudio era evaluar la influencia de una semana de suplementación con curcumina sobre la capacidad antioxidante total (TAC), glutatión reducido (GSH) y peroxidación lipídica (MDA) después de una sesión de entrenamiento intensiva. Tomaron una muestra sanguínea de base, después consumieron 90 mg de cúrcuma o placebo por 7 días. El día de la prueba se realizo una segunda prueba sanguínea y después calentaron por 10 minutos y posterior a su calentamiento recorrieron una distancia de 14 kms a esfuerzo máximo, al finalizar se tomó otra muestra sanguínea, 24 y 48 horas posteriores a termino. Con este protocolo en hombres sanos no entrenados se

obtuvo que la suplementación oral con cúrcuma durante una semana tiene efectos de alivio sobre la peroxidación de lípidos y aumenta el sistema antioxidante celular. Por lo que ellos recomiendan antes de realizar una sesión extenuante de ejercicio pueden utilizar este suplemento para inhibir el estrés oxidativo de alto nivel.

Metodología

Diseño del estudio

Es un estudio cuantitativo experimental de alcance correlacional. Se contó con un grupo experimental y un grupo control con evaluaciones pre y post competencia. La asignación de los sujetos de grupo experimental y control fue determinada al azar. El grupo experimental recibió la suplementación de cúrcuma y el grupo control recibió placebo.

Estudio de suplemento

Se dio como suplemento la cúrcuma la marca Doctor's Best® que contiene Curcumin C3 complex® (Sabinsa Corporation) que se sabe que es bien tolerada cuando se toma a dosis altas de 12 g/d. Contiene 73-78% de curcumina I, 18-22% de curcumina II y 2-5% de curcumina III con un total en conjunto de 1 g. Con el fin de aumentar su biodisponibilidad en el cuerpo e inhibir su descomposición y excreción rápida contiene 5 mg de Bioperine® que es un extracto estandarizado con *Piper nigrum L* y *Piper longum L*, que contienen el 95% de piperina (Klickovic et al., 2014).

Grupo de estudio

La muestra estuvo conformada por 12 atletas masculinos de deporte ultramaratón en una carrera de 60 kms, bajo los siguientes criterios:

De inclusión:

- Correr en la carrera asignada para la intervención
- Atletas que no cuenten con ningún tipo de enfermedad de acuerdo al historial médico
- Ser masculinos atletas de edad 28-53
- Hayan firmado el consentimiento informado

De exclusión:

- Consumir suplementos que puedan alterar los resultados de los estudios.
- Consumir medicamentos (anticoagulantes, antiinflamatorios)

- Presentar algún tipo de lesión
- Padecer alguna enfermedad como úlcera gástrica, cálculos biliares, enfermedad hepática

De eliminación:

- No terminar carrera
- No cumplir con el protocolo o suplementación adecuada

Consideraciones éticas

Dentro del estudio se realizaron consentimientos informados para aceptación de los sujetos de estudio a ser evaluados y participar en el estudio de investigación.

El protocolo se apegó a las normas internacionales de investigación en seres humanos, todos los datos son de uso confidencial y solo para fines de la investigación, mediante interrogatorio directo y/o indirecto.

El estudio se realizó en base a los siguientes lineamientos:

Declaración de Helsinki adaptada por la 18 asamblea medica mundial en 1964 y revisada por la 29 asamblea medica mundial en Tokio Japón en 1975.

Apegado a la reglamentación dictaminada según la Norma Técnica número 313 para la presentación de proyectos e informes técnicos de investigaciones en las instituciones de atención a la salud.

Ley General de Salud artículo 2, fracción VII; artículo 35, fracción IX título V. Capitulo único, artículo del 96 al 103.

Protocolo General

Se convocó a los sujetos de estudio, 1 semana antes de la carrera a una junta informativa en la cual los atletas fueron informados del protocolo que se debieron seguir, en conjunto con tiempos, pruebas y si aceptaban participar debían firmar la carta de consentimiento informado bajo las normas del Comité de Bioética en Investigaciones en Ciencias de la Salud (COBICIS).

Quienes decidieron participar se les realizó un historial deportivo (años de práctica, competencias recientes), historial clínico por un médico especialista (datos personales, enfermedades, alergias), composición corporal y evaluación del estado nutricional por medio de personal certificado con ISAK nivel II. Todas las evaluaciones

se realizaron en el consultorio acondicionado. Después se evaluó el rendimiento físico mediante la prueba de la milla y media donde evaluamos el VO₂max, frecuencia cardiaca máxima y zonas de intensidad en la que se mantuvieron los atletas y al finalizar la carrera también se realizó un recordatorio de 24 horas para cuantificar los macronutrientes de ingesta posterior a la carrera.

El estudio se dividió en 4 etapas: test de milla y media, pre carrera, carrera y post carrera. Para la suplementación se manejó solo pre carrera y fue por medio de la cúrcuma o placebo de forma aleatoria en los 12 atletas (Figura 1). Después el protocolo sugerido fue ingerir la suplementación de 12 pastillas (12 g) de 1 g cada una, en un aproximado de 30 minutos a 1 hora antes de iniciar la carrera para así poder valorar si realmente tiene un efecto estadísticamente significativo en el daño muscular durante la carrera por medio de la CK, urea y proteína C reactiva.

Las muestras sanguíneas se dividieron en 3 etapas (Figura 2): la primera muestra (T1) se realizó 1 hora antes de la carrera, la segunda toma se efectuó al finalizar la carrera y la última muestra (T3) se realizó 24 horas posteriores de la finalización de la carrera.

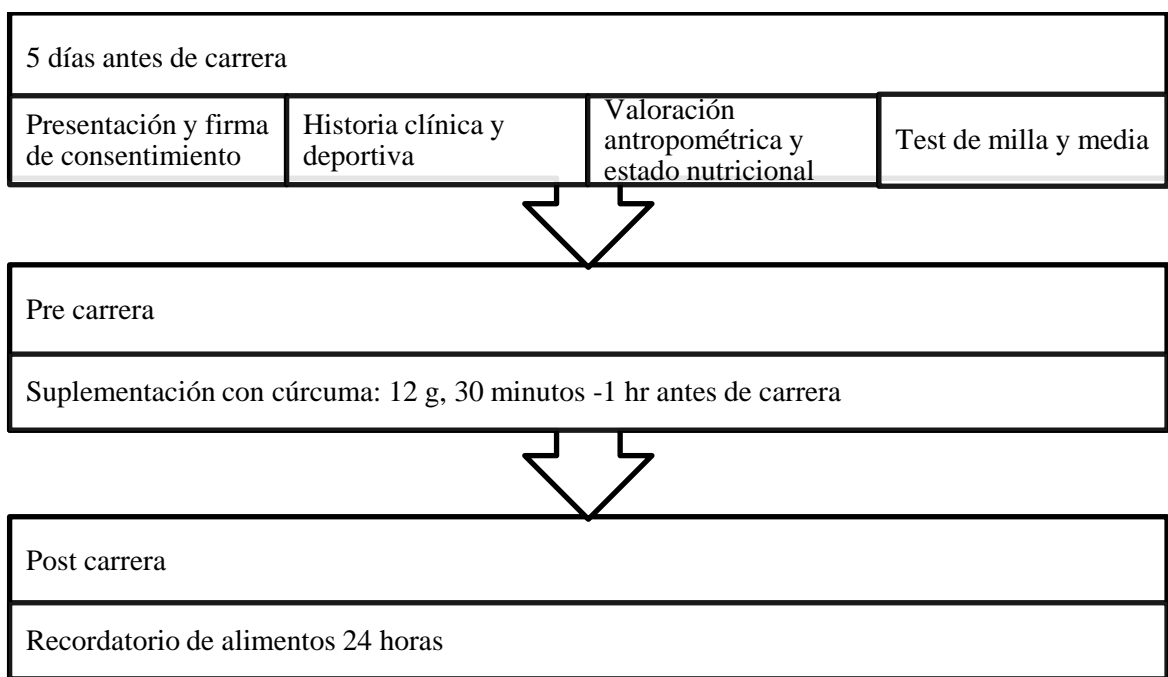


Figura 1 Seguimiento de pruebas y suplementación en el protocolo

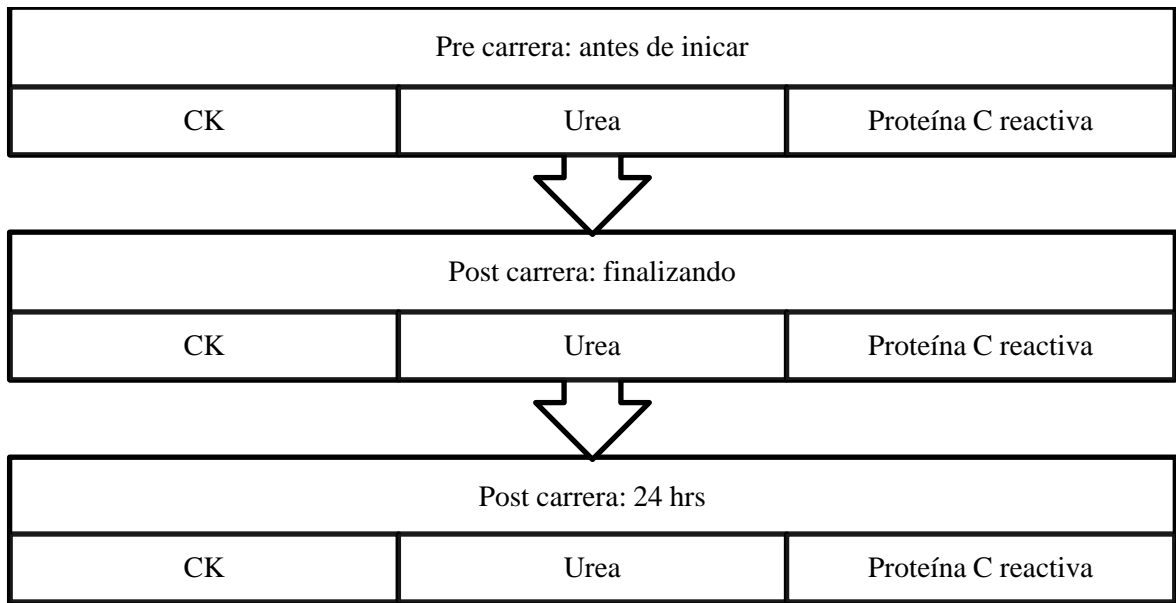


Figura 2 Tomas y horarios de muestras sanguíneas de protocolo

Carrera 60 kms

La carrera se realizó el día sábado donde se dio inicio de las pruebas de sangre a las 5:30 am, y posterior a eso se realizó la carrera. Donde las condiciones climatológicas fueron en un rango de -1°C hasta un máxima de 24°C con vientos de 15 a 30 km/h. La carrera fueron 2 circuitos de 30 kms en los cuales alcanzaron una altimetría de 1670 metros de desnivel positivo.



Figura 3 Distancia y altimetría de carrera de 60 kms.

Muestras

Se tomaron muestras bajo la Norma Oficial Mexicana (NOM-087-ECOL-SSA1-2002 en el Nivel I y NOM-017-STPS-2008) para aplicar las medidas de seguridad para manejar el material biológico por lo que se utilizó bata, guantes de laboratorio, cubreboca y lentes transparentes.

Las tomas de sangre se realizó en la zona más idónea que el sujeto presente en la fosa antecubital de la parte anterior del brazo, esterilizando con alcohol etílico al 70% el área de venopunción permitiendo el secado de la zona. Se detectó la vena que tuviera más calibre pudiendo ser la cubital mediana o la cefálica, posteriormente se aplicó un torniquete a 10cm de la zona de punción para evitar la contaminación de la zona, y mediante movimientos de abrir y cerrar la mano aumentar la presión intravascular para realizar la venopunción.

El brazo se colocó inclinado hacia abajo para realizar la punción con una aguja estéril de doble bisel (BD Vacutainer Precision Glide) mediante un soporte de portatubo como dispositivo de transferencia u “Holder” (BD Vacutainer Luer-Lok Access Device), donde posteriormente se colocó un tubo de muestra de EDTA (BD Vacutainer, K2 EDTA) de 4mL hasta obtener la muestra de sangre de acuerdo con el protocolo del CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2017). Una vez que la muestra de sangre se detuvo, se colocó en una hielera para su conservación y posteriormente se llevarón al laboratorio certificado y especializado para realizar su proceso.

CK, Urea y proteína C reactiva

Después de las tomas de sangre se enviaron las muestras al Laboratorio Belar ® que está certificado y avalado para realizar cada uno de los marcadores para después dar un resultado de fiabilidad y credibilidad.

Hábitos alimentarios e historia clínica

La evaluación de hábitos alimenticios se hizo por medio del recordatorio de 24 horas, en el cuál se recabaron los datos de la ingesta del atleta de alimentos y bebidas y porciones exactas que realizaron durante 1 día entre semana para poder determinar su ingesta, frecuencia, porciones y horarios que tiene cada uno (Rivera, Sánchez, n.d.).

Composición corporal

La composición corporal se evaluó durante la mañana y tarde por cuestión de horarios de trabajo y protocolo COVID. El sujeto se dispuso con el mínimo de ropa permitido, sin calzado. Las mediciones fueron realizadas por medio del método de 5 componentes para determinar: kilos de masa magra, masa grasa, masa ósea, IMC, peso total, y sumatoria de 6 pliegues, IMO (índice musculo/óseo), IAM (índice adiposo/muscular) que estos se midieron bajo personal certificado por ISAK nivel II, después con los datos obtenidos se evaluaron para el estado nutricional del deportista (Holway, 2005). Se midieron con plicómetro de marca Slim guide ®, cinta métrica marca Luftkin ®, báscula digital Nanofort ®, antropómetros y segmómetro Smart/met ®.

Frecuencia cardiaca

La frecuencia cardiaca se evaluó de manera individual durante la prueba de milla y media y la carrera de 60 kilómetros con la cinta de frecuencia cardiaca de la marca Polar Team ® (Polar H10, Kempele, Finland). Donde las bandas elásticas con electrodos junto con el Polar Team transmisor de información se colocaron a la altura de la apófisis xifoides del esternón. Todos los datos transmitidos por la banda se sincronizaron de igual manera con la aplicación de Polar Team.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico para las ciencias sociales SPSS en su versión 25 (SPSS inc., Chicago, Il. USA), considerando un nivel de significancia de $p < .05$. Se realizó la prueba de normalidad de los datos mediante el test de Shapiro-Wilk. Posteriormente para los resultados paramétricos se utilizó ANOVA de un factor consecutivamente un Post hoc de Tukey; para los resultados no paramétricos se procesó con el test de Friedman seguido de un Post hoc de Wilcoxon. Para la

comparación entre grupos se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes y la U de Mann-Whitney. Para las relaciones entre las variables se utilizó la correlación de Pearson y de Spearman.

Resultados

En este apartado, se muestran los resultados que se obtuvieron en el presente estudio donde doce de los hombres ultramaratonistas de edades de 28-53 años, participaron en la carrera de 60 kilómetros en el ejido Sierra Azul en el estado de Chihuahua, Chihuahua, México. Los atletas con una experiencia de entrenamiento muy variable entre menos de 6 meses hasta arriba de 10 años de entrenamiento, los cuales 6 de ellos fueron suplementados con cúrcuma y 6 con placebo. Todas las variables que nos arrojó el estudio fueron estudiadas y distribuidas. En la tabla 1 se detallan las características principales de las atletas reclutados para la investigación, posteriormente se detallará el comportamiento de nuestras variables estudiadas con el fin de responder a los objetivos e hipótesis que se plantearon.

Los marcadores inflamatorios séricos (tabla 1) fueron obtenidas en 3 tomas, por lo que se obtuvo en el marcador de CK en los doce atletas de este estudio obtuvieron en la pre carrera un promedio de 168.6 ± 71.2 UI·L⁻¹ y al finalizar la carrera en promedio de 1152.5 ± 1254.1 UI·L⁻¹ y 24 horas posteriores a la carrera 1477.5 ± 1332.4 UI·L⁻¹. En la urea los resultados de base de 42.3 ± 5.8 mg/dL, después de la carrera un rango de 58.2 ± 10.4 mg/dL y 24 horas después de la competencia un rango de 56.0 ± 8.6 mg/dL. En el marcador de PCR se obtuvo una media de 1 ± 3.4 pre carrera, al término 1 ± 3.4 y 24 horas posteriores 6 ± 4.4 mg/dL

Al realizar el análisis estadístico sobre cada uno de los marcadores séricos con el grupo control y experimental se obtuvo como resultado en el marcador de CK (tabla 2) en el grupo experimental una media de 173.5 ± 88.2 y en el grupo control 163.8 ± 57.5 mg/dL en la 1 toma de sangre ($p > .05$). En la CK post carrera en el grupo suplementado hay un promedio de 1505.6 ± 1730.5 UI·L⁻¹ y en el grupo control 799.5 ± 407.6 UI·L⁻¹ con un intervalo de confianza ($p > .05$). La toma 24 horas posteriores a la carrera se obtuvo un promedio en el grupo experimental de 1934.6 ± 1831.3 y en el grupo control 1020.3 ± 224.3 UI·L⁻¹ ($p > .05$).

En el marcador de la urea (tabla 3) en el estudio estadístico se obtuvo en la primera toma de sangre en el grupo experimental una media de 43.4 ± 3.1 mg/dL y en el control 41.2 ± 7.9 mg/dL ($p > .05$). En la toma al finalizar la carrera en el grupo suplementado se obtuvo un promedio de 60.1 ± 12 y en el grupo control 56.3 ± 9.4 mg/dL

($p > .05$). La toma 24 horas posteriores en el grupo experimental hubo una media de 55.5 ± 8.1 mg/dL y en el grupo control 56.5 ± 9.8 mg/dL ($p > .05$).

En la proteína C reactiva (PCR) (tabla 4) en la primera toma con el grupo suplementado se obtuvo una media de $.00 \pm .00$ y en el grupo control 2.0 ± 4.8 ($p > .05$). En la segunda muestra se obtuvo con el grupo experimental una media de $.00 \pm .00$ y en el grupo control 2.0 ± 4.8 ($p > .05$). La última toma 24 horas posteriores en el grupo experimental hubo una media de 5.0 ± 2.4 y en el grupo control 7.0 ± 5.8 ($p < .05$).

Tabla 1

Marcadores inflamatorios séricos generales

Variable	Pre-carrera	Post carrera	Post 24 hrs
CK (U/L)	168.6 ± 71.2	1152.5 ± 1254.1	1477.5 ± 1332.4
PCR (mg/dL)	1 ± 3.4	1 ± 3.4	6 ± 4.4
Urea (mg/L ⁻¹)	42.3 ± 5.8	58.2 ± 10.4	56.0 ± 8.6

Nota: Los datos se presentan en Media \pm Desviación Estandar.

Tabla 2

Marcador sérico de Creatina Kinasa (CK) entre grupo control y experimental

	Grupo	N	Media	Desviación	Valor de p
CPK 1	Experimental	6	173.50	88.294	$>.05$
	Control	6	163.83	57.576	
CPK 2	Experimental	6	1505.67	1730.594	$>.05$
	Control	6	799.50	407.601	
CPK 3	Experimental	6	1934.67	1831.379	$>.05$
	Control	6	1020.33	224.396	

Nota: CKP 1 (pre Carrera), CKP 2 (Post Carrera), CKP 3 (24 hrs post Carrera)

Tabla 3

Marcador sérico de urea entre grupo control y experimental

	Grupo	N	Media	Desviación	Valor de p
UREA 1	Experimental	6	43.433	3.1627	$>.05$
	Control	6	41.250	7.9266	
UREA 2	Experimental	6	60.117	12.0164	$>.05$
	Control	6	56.333	9.4142	
UREA 3	Experimental	6	55.550	8.1488	$>.05$

Control	6	56.550	9.8772
---------	---	--------	--------

Tabla 4

Marcador sérico de Proteína C reactiva (PCR) entre grupo control y experimental

	Grupo	N	Media	Desviación	Valor de <i>p</i>
PCR 1	Experimental	6	.00	.000	>.05
	Control	6	2.00	4.899	
PCR 2	Experimental	6	.00	.000	>.05
	Control	6	2.00	4.899	
PCR 3	Experimental	6	5.00	2.449	<.05
	Control	6	7.00	5.899	

En la antropometría (tabla 5 y 6) se obtuvo como resultado un promedio de peso de 74.6 ± 9.7 kg, una estatura de 174 ± 5.8 cm, con estos 2 resultados realizamos el IMC con lo que se dio un promedio de 24.1 ± 1.8 . Con el fraccionamiento de 5 componentes el promedio de 35.9 ± 5.4 kg fue de masa muscular, masa adiposa de 17.5 ± 3.2 kg y una masa ósea de 8.4 ± 1.2 kg. Al realizar los pliegues resultó un promedio de sumatoria de 6 pliegues de 69.2 ± 1.2 mm, un índice músculo-óseo de 4.2 ± 0.2 y un índice adiposo-muscular de 0.5 ± 0.1 . El somatotipo obtenido por los atletas de acuerdo a sus mediciones nos da un resultado de mesomorficos-endomorficos, con un promedio de 3.1 ± 0.9 endomorfia, 5.9 ± 0.8 mesomorfia y 2.0 ± 0.6 ectomorfia.

Tabla 5

Datos de atletas sobre edad y tiempo de experiencia entrenando ultramaratón

Variables	M ± DE	Min-Max
Edad	39±8	28-53
Tiempo de experiencia	6-9 años	6 meses - >10 años

Nota: Los datos se presentan en Media ± Desviación Estandar.

Tabla 6

Datos de antropometría y somatotipo

Variables	M ± DE
Peso	74.6 ± 9.7
Altura	174.7 ± 5.8

IMC	24.2 ± 1.8
Masa adiposa (kg)	17.5 ± 3.2
Masa muscular (kg)	35.9 ± 5.4
Masa ósea (kg)	8.4 ± 1.2
Σ 6 pliegues	69.2 ± 1.2
Índice músculo-óseo (IMO)	4.2 ± 0.4
Índice adiposo-muscular (IAM)	0.5 ± 0.1
Endomorfia	3.1 ± 0.9
Mesomorfia	5.9 ± 0.8
Ectomorfia	2.0 ± 0.6

Nota: Los datos se presentan en Media ± Desviación Estandar.

En el análisis estadístico (tabla 7) donde la masa muscular, IMO, IAM en comparación del grupo experimental y control se encontró una media en la masa muscular de 33.8 ± 4.10 en el grupo experimental y en el grupo control se obtuvo 37.9 ± 6 , sin diferencia significativa ($p > .05$). En el IMO con el grupo experimental hay una media de $4.1 \pm .28$ y en el grupo control $4.3 \pm .43$, sin diferencia significativa ($p > .05$). En el IAM se obtuvo una media de $.51 \pm .03$ en el grupo experimental y en el control $.46 \pm .12$, sin diferencia significativa ($p > .05$).

Tabla 7

Datos de relación de antropometría con el grupo experimental y el grupo control

	Grupo	N	Media	Desv. Desviación	Valor de <i>p</i>
Muscular	Experimental	6	33.883	4.1048	> .05
	Control	6	37.983	6.1147	
IMO	Experimental	6	4.1050	.28212	> .05
	Control	6	4.3867	.43853	
IAM	Experimental	6	.5100	.03899	> .05
	Control	6	.4667	.12404	

La ingesta dietética que tuvieron los atletas en el recordatorio de 24 horas (tabla 8) fue en promedio de 2127 ± 558 kcal/d. Donde se divide en carbohidratos totales de 254.9 ± 70.9 g y 3.4 ± 1.2 g/kg/d, proteínas totales 128 ± 41 g y 1.7 ± 0.6 g/kg/d y de lípidos de 62.6 ± 22.8 g y 0.8 ± 0.3 g/kg/d. Durante la carrera de 60 km los atletas tuvieron un déficit de calorías de promedio de 656 ± 148 kcal/hr y calorías totales en promedio de

4579 ± 855.1 como se observa en la tabla 5. Después de la carrera se realizó otro análisis posterior de 24 horas (tabla 10) donde la ingesta total de calorías fue de 2695 ± 1187 calorías de los cuáles de carbohidratos totales fue de 306 ± 179 g y 4.2 ± 2.6 g/kg, proteínas totales 109 ± 44.6 g y 1.4 ± 0.6 g/kg y de lípidos totales de 110 ± 51.3 g y 1.4 ± 0.7 g/kg.

Tabla 8

Consumo diario de macronutrients (recordatorio 24 horas)

	Gramos	g/kg	Cals
Calorías totales	N/A	N/A	2127.5 ± 558.7
Carbohidratos	254.9 ± 70.9	3.4 ± 1.2	N/A
Proteínas	128.1 ± 41	1.7 ± 0.6	N/A
Lípidos	62.6 ± 22.8	0.8 ± 0.3	N/A

Nota: N/A = no aplica. Los datos se presentan en Media ± Desviación Estandar.

Tabla 9

Calorías oxidadas durante la carrera de 60 km

	Calorías totales	Cals/hr
M ± DE	4579 ± 855.1	656 ± 148.3

Nota: Los datos se presentan en Media ± Desviación Estandar.

Tabla 10

Calorías ingeridas post carrera por 24 horas

	Gramos	g/kg	Cals
Calorías totales	N/A	N/A	2695.1 ± 1187.1
Carbohidratos	306.5 ± 179.1	4.2 ± 2.6	N/A
Proteínas	109.5 ± 44.6	1.4 ± 0.6	N/A
Lípidos	110.3 ± 51.3	1.4 ± 0.7	N/A

Nota: N/A = No aplica. Los datos se presentan en Media ± Desviación Estandar.

En la tabla 11 se muestran los resultados de la prueba de la milla y media donde se obtuvo un promedio de tiempo de 10.62 ± 1.07 minutos en los 2.414 metros (prueba de la milla y media) con un promedio de frecuencia cardiaca de 168.5 ± 7.3 latidos por

minuto y un promedio de frecuencia máxima de 179.8 ± 8.3 latidos por minuto, manteniendo una distribución de intensidad la mayoría de la prueba en la Zona V de entrenamiento, arriba del 90% de su frecuencia cardiaca máxima. En esta prueba también se determino el consumo máximo de oxígeno el cual resulto un promedio de 49.2 ± 4.6 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, con un máximo de 56.9 y un mínimo de $42.1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Tabla 11

Datos de prueba de milla y media

Atleta	Tiempo (minutos)	VO _{2max}	Frecuencia cardíaca	
			Promedio	Máxima
1	09:03	56.9	175	186
2	09:22	55.8	174	180
3	09:52	54.1	163	176
4	10:37	50	175	182
5	10:38	49.9	163	176
6	10:39	49.9	170	177
7	10:41	49.8	183	201
8	11:07	47	164	172
9	11:20	46.5	169	185
10	11:22	46.5	160	168
11	12:19	43	168	178
12	12:48	42.1	158	177
M ± DE	10:49 ± 0.04	49.3 ± 4.6	168.5 ± 7.3	179.8 ± 8.3

Nota: Los datos se presentan en Media ± Desviación Estandar.

Los datos principales de la carrera de 60 km se dio un promedio en un tiempo de 7.11 ± 1.22 horas, con un mínimo de 6.28 horas hasta un máximo de 9 horas, con un promedio de frecuencia cardiaca promedio de 139.5 ± 16 y un promedio de frecuencia máxima de 172.4 ± 17.6 latidos por minuto.

Con respecto a la carga interna medida por medio del TRIMP de Edwards se obtuvo un valor promedio de 1054.2 ± 585.3 unidades arbitrarias (tabla 13). Se tuvo que eliminar a 2 atletas en la cuantificación del TRIMP, ya que las bandas de frecuencia cardiaca no arrojaron los datos de esos atletas.

Después de haber realizado un estudio estadístico sobre el tiempo y el TRIMP (tabla 12 y 13) sobre el grupo experimental y control se obtuvo que en el tiempo en el grupo experimental hay una media de 418 ± 71 minutos y en el grupo control hay 449.3 ± 78 ($p > .05$) y en el TRIMP hay una media en el grupo experimental de 1342 ± 435 y en el grupo control 1068.8 ± 375.3 , con un intervalo de confianza de ($p > .05$).

Tabla 12

Datos de comparación entre tiempo y TRIMP en grupo experimental y control

	Grupo	N	Media	Desviación estándar
Tiempo	Experimental	6	418.6667	71.86005
	Control	6	449.3333	78.83062
TRIMP	Experimental	5	1342.4720	435.93012
	Control	6	1068.8200	375.37216

Tabla 13

Datos de TRIMP EDWARD basado en la carrera de 60 km

Atleta	TRIMP EDWARD					Total	M ± DE
	Zonas de entrenamiento						
1	0.2	348.0	582.0	60.0	2.8	993.0	1054.2 ± 585.3
2	17.3	20.5	57.7	185.5	1490.0	1771.0	
3	10.5	64.4	486.0	828.0	11.0	1399.8	
4	6.0	50.2	456.0	644.0	20.8	1177.0	
5	4.2	42.4	156.7	1196.0	345.0	1744.3	
6	88.0	132.0	81.0	156.0	440.0	897.0	
7	23.4	150.0	393.0	892.0	162.4	1620.7	
8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
10	217.0	178.0	471.0	264.0	0.0	1130.0	
11	32.3	78.3	210.0	792.0	1.0	1113.6	
12	18.1	102.2	336.0	348.0	0.0	804.3	

Nota: Los datos se presentan en Media ± Desviación Estandar. ND = no datos.

Discusión

Este estudio se realizó para comprobar si en realidad la suplementación con cúrcuma funciona para disminuir los efectos en los marcadores inflamatorios séricos en ultramaratonistas en una carrera de 60 kilómetros. Donde realizamos el estudio en base a 3 marcadores principales que es la CK, proteína C reactiva y la urea en suero. Como parte externa se midió el rendimiento físico mediante una prueba de milla y media en la cual se utilizó para calcular el VO₂max y clasificar el rendimiento que tiene cada uno de los atletas. También se realizaron las mediciones antropométricas para valorar el estado nutricional y físico en el que se encontraba cada uno de ellos.

Cada uno de los atletas que se reclutó son personas que la mayoría empezaron este deporte ya a una edad avanzada y no desde edades tempranas, realizando este deporte como hobby y no como un deporte de alto rendimiento. El grupo muestra que tomamos fueron de 12 participantes, donde por 1 semana estuvieron involucrados desde la prueba de rendimiento físico, mediciones antropométricas hasta la carrera de 60 kilómetros donde a 6 de los 12 participantes por medio aleatorio se suplementaron y a los 6 restantes se les proporcionó placebo. Donde cada dato o información recabada durante el proceso se mostrara en la siguiente información.

Antropometría

Como ya sabemos cada deporte necesita de una composición corporal para poder tener cierta ventaja sobre los demás atletas o poderse posicionar dentro de los mejores atletas.

Los datos arrojados de los doce atletas participantes en este estudio con un promedio de 39 años que participaron en la carrera de 60 kilómetros se colectaron días antes de su carrera. Los datos se obtuvieron por medio del método de antropometría con una persona certificada en nivel II de ISAK.

El peso promedio que se obtuvo con los atletas de este estudio fue de 74.6 ± 9.7 kg, y el estudio realizado por (Rosado et al., 2020) donde se evaluaron 44 hombres que corrían ultra maratones se les realizó diferentes tipos de mediciones corporales como la pletismografía, DXA, bioimpedancia donde de acuerdo al DXA tienen un promedio de 75.4 ± 10.5 kg, y el artículo de atletas realizando 217 km fue de 70.7 ± 3.1 kg (Belli et al., 2016). Lo que se puede definir es que en peso corporal se encuentran dentro del rango al igual que el artículo de Rosado et al (2020), pero por arriba del estudio de Belli et al.

(2016). El peso solo es un base en general de básicos dentro de la antropometría, pero en este deporte también hay mayor importancia en la masa grasa y muscular.

La estatura obtenida de los atletas de este estudio fue de 174 ± 5.8 cm, si comparamos estos datos con los artículos anteriormente mencionados están dentro del rango del estudio de Rosado et al. (2020) obteniendo un rango de estatura de 174.2 ± 10.2 y en el de Belli et al. (2016) se encuentran por arriba ya que ellos tenían un promedio de 171.4 ± 1.9 cm.

Los atletas de este estudio tuvieron como resultados un promedio de IMC de 24.1 ± 1.7 . Por lo que en el estudio de Flores (2018) tuvieron un IMC de 22.8 y en el estudio de Belli et al. (2016) un 24.5 ± 0.7 . Lo que podemos concluir en cuestión del IMC es que nos encontramos dentro del rango de los atletas de Belli et al. (2016), pero por encima del IMC de Flores (2018). El IMC no es un parámetro que se deba considerar con mucha importancia dentro del deporte ya que es un peso general o completo y no te divide si ese peso es de masa muscular o grasa. Y en atletas de este nivel es de mayor importancia la masa grasa y muscular, por lo que a continuación se mencionarán sus resultados.

De acuerdo al estudio (Rosado et al., 2020) por medio del DXA obtuvieron resultados de masa grasa de los atletas en promedio de 10.8 kg pero con un rango mínimo de 4.2 kg y un máximo de 33.6 kg. Y los resultados obtenidos en los atletas dentro de nuestro estudio en masa grasa fue de un promedio de masa adiposa de 17.5 ± 3.2 kg, lo que nos sitúa dentro del rango en comparación al artículo.

En el artículo realizado por (Flores, 2018) donde se estudio a 33 ultramaratonistas pudieron obtener datos de referencia de antropometría con los cuáles se hizo la comparación con los atletas de este estudio. Los atletas del estudio de Flores (2018) obtuvieron un 33.1 kg de masa muscular. En el estudio de Rosado et al (2020) masa muscular un promedio de 58.6 kg y un mínimo de 48.3 kg y un máximo de 72.3 kg. Y los doce atletas de este estudio obtuvieron un promedio 35.9 ± 5.4 kg de masa muscular. Lo cual nos sitúa por encima de los atletas del estudio de Flores (2018) y por debajo de la musculatura de los atletas de Rosado et al. (2020). Es importante aumentar la masa muscular durante entrenamientos específicos para poder mejorar la potencia y velocidad en los atletas de este estudio.

En otro estudio realizado en 10 atletas que recorrieron 217 km, obtuvieron un somatotipo de 3.4 ± 0.4 de endomorfia, 5.2 ± 0.4 de mesomorfia y 1.7 ± 0.3 de ectomorfia (Belli et al., 2016). Y en el estudio analizado en 32 ultramaratonistas donde el promedio de somatotipo se encuentra en 2.4-5.3-2.1 lo cual los describe como mesomorfos

balanceados (Amorin, Costa, Vardasca, Pontinha, 2016) y en nuestro estudio se obtuvo un somatotipo promedio de 3.1 ± 0.9 endomorfia, 5.9 ± 0.8 mesomorfia y 1.9 ± 0.5 ectomorfia, lo cuál los sitúa como mesomorficos-endomorficos. Lo que se pudiera manejar un plan nutricional y físico enfocado en una disminución de grasa corporal y aumento de masa muscular.

Otros datos obtenidos de los atletas de este estudio fueron la masa ósea de 8.4 ± 1.2 kg, una sumatoria de 6 pliegues de 69.2 ± 19.6 mm, un índice músculo-óseo de 4.2 ± 0.3 , y un índice adiposo-muscular de 0.48 ± 0.09 , que estos nos sirven para determinar si los atletas se encuentran dentro de los parámetros de grasa corporal al igual si ya han llegado al techo muscular adecuado. Al realizar el análisis estadístico se obtuvo que no hay diferencia significativa en la masa muscular, IMO e IAM sobre ninguno de los dos grupos del estudio.

Las mediciones realizadas por el artículo de Rosado et al. (2020) que son por medio del DXA no se puede hacer una comparación exacta ya que son diferentes métodos de medición una por vía DXA y en nuestro estudio se utilizó la antropometría, pero nos da una idea de donde esta la referencia de los atletas y en que se puede mejorar para tener mayores ventajas a la hora de la competencia. Hay un déficit de información acerca de la composición corporal de estos atletas por lo cuál se hizo la comparación entre estos artículos, ya que eran los mas completos.

Ingesta dietética

Los ultramaratones son de ultra distancias en distintos terrenos con diferentes altimetrías y obstáculos. De acuerdo a Costa et al. (2019) nos mencionan que los atletas de este tipo de deporte deben tener una ingesta diaria de carbohidratos arriba de 12 g/kg/d. Durante las carreras de más de 3 horas recomiendan una ingesta de carbohidratos multi-transporte de 90 g/hr para poder tener las adaptaciones adecuadas y un optimo rendimiento; durante la carrera se ha visto un mejor beneficio al ingerir glucosa-fructosa en una relación 2:1; y también el consumo suficiente de proteína para el balance de proteínas que sería un rango estimado de 1.6-1.8 g/kg/día. La ingesta alta de carbohidratos algunas veces son cuestionables ya que son dosis altas y suelen dar problemas gastrointestinales por lo cuál se debe prescribir por medio de una nutrióloga deportiva porque todos los requerimientos deben de ser individualizados (Tiller et al., 2019; Wardenaar, Dijkhuizen, Ceelen, Jonk, de Vries, Witkamp, Mensink, 2015).

El consumo de carbohidratos antes de la competencia o carrera es recomendado en un rango de 1- 4 horas con 1-4 g/kg de carbohidrato ya que esta ingesta ayudará a recuperar el almacenamiento de glucógeno muscular en dado caso que no haya sido suficiente la ingesta durante los entrenamientos y además la disponibilidad de glucosa al inicio de la competencia (Costa et al., 2019).

Los datos reportados en eventos de una sola etapa de ultramaratón muestran un gasto energético aproximadamente de 550 kcal/hr que es lo que pueden oxidar los atletas sobre un periodo de 24 horas. De acuerdo a Tiller et al. (2019) mencionan que el gasto que obtuvieron fue de 47-71 kcal/km⁻¹. Estas calorías pueden depender mucho de la distancia/tiempo que recorra el atleta (Costa et al., 2019). Los atletas de nuestro estudio tuvieron un promedio de 656 ± 148 kcal/hr en una carrera de 60 kms con una altimetría de 1670 mts. Consideramos esta variación de calorías por las condiciones del terreno, distancia y altimetrías de cada una de las competencias como lo menciona Costa et al. (2019).

La ingesta posterior a la carrera es muy importante ya que su función es la recuperación de las altas demandas de energía, alcanzar un balance positivo de proteínas y resíntesis de glucógeno. No se tuvo el cálculo de ingesta dietética antes y durante la carrera, pero si la posterior a 24 hrs después de haber finalizado su carrera. La ingesta de calorías totales después de la carrera fue de un aproximado en promedio de 2695 ± 1187 calorías. Estos datos no se pudieron comparar con ningún artículo porque no había datos con los cuales se pudieran comparar.

Lo recomendable después de la carrera según Costa et al. (2019) es 1.0-1.2 g/kg de carbohidrato. Los carbohidratos totales ingeridos posteriores a la carrera fueron de 306 ± 179 g y 4.2 ± 2.6 g/kg, lo cual indica que están por arriba de lo requerido, pero es importante recordar que el recuento de alimentos fue de 24 horas posteriores a la carrera.

La ingesta que se obtuvo en el estudio de (Mohoney, Carnes, Wojcicki, Frith, Ferry, 2016) de proteínas totales fue de 128.35 ± 53.12 g y 1.86 ± 0.76 g/kg y la ingesta de los atletas de este estudio fue de proteínas totales 109 ± 44.6 g y 1.4 ± 0.6 g/kg. Costa et al. (2019) menciona que se recomienda en atletas elite una ingesta de 1.6 – 1.8 g/kg, sin embargo, un rango de 1.3-2.2 g/kg se ha visto que es suficiente para ultramaratonistas de multi etapas. Lo cuál se puede incidir que esta un poco por debajo de la ingesta en comparación al artículo de Mohoney, Carnes, Wojcicki, Frith, Ferry (2016) y en comparación con el de costa et al. (2019) nuestros atletas están por arriba del rango de ingesta de proteínas. Lo que hay que recordar es que las proteínas se combinan con los

carbohidratos después de la carrera para la resíntesis de glucógeno y ayudar al tejido a recuperarse de la mejor manera.

Los lípidos totales ingeridos por los atletas de este estudio fueron de 110 ± 51.3 g y 1.4 ± 0.7 g/kg. Y no se pudo hacer una comparación en este macronutriente, ya que lo principal para recuperación post carrera es carbohidratos y proteínas ya que es la recuperación y resíntesis del glucógeno muscular y hepático y se hace mediante estos 2 macronutrientes. Durante la carrera las grasas toman un papel importante como sustrato de energía en ejercicio de intensidad baja-moderada, y/o cuando las reservas endógenas de glucógeno en músculo se encuentran depletadas (Costa et al., 2019).

Se realizó un recordatorio de 24 horas para poder recabar información de las ingestas aproximadas de su día a día. Los atletas tienen una ingesta de calorías totales de 2127 ± 558 kcal/d. La ingesta diaria recomendada puede variar dependiendo de los requerimientos de cada persona tomando en cuenta el sexo, duración de la sesión y el ritmo, al igual que la masa corporal y la grasa corporal, por lo que cada persona va a requerir diferentes nutrientes. El objetivo final es obtener el balance de energía enfocado en la meta principal del atleta (Mohoney, Carnes, Wojcicki, Frith, Ferry, 2016).

Dentro de esas calorías totales se encuentran los carbohidratos totales de 254.9 ± 70.9 g y 3.4 ± 1.2 g/kg/d, por lo que se encontró en la literatura que la ingesta adecuada de carbohidrato durante entrenamiento debe ser de 5-7 g/kg en un entrenamiento aproximado de 1 hora, 6-10 g/kg en un entrenamiento de 1-3 horas que es de intensidad moderada a alta y de 8-12 g/kg en entrenamientos por arriba de 4-5 horas (Mohoney, Carnes, Wojcicki, Frith, Ferry, 2016) y Tiller et al. (2019) menciona que para evitar efectos negativos crónicos, depleción de glucógeno se requiere una ingesta de 5-8 g/kg/d. Por lo que podemos decir que los atletas se encuentran por debajo de la ingesta de carbohidratos por día en lo que se podría trabajar o ajustar sus necesidades en el consumo de los carbohidratos para poder llegar al rendimiento óptimo. Es importante tomar en cuenta los carbohidratos y el aumento de su consumo, ya que son los que nos aportan la energía necesaria para mejorar o poder mantener el rendimiento y glucógeno en los entrenamientos y competencias

La ingesta de proteínas totales en un consumo diario es de 128 ± 41 g y 1.7 ± 0.6 g/kg/d. Por lo que menciona Wardenaar et al. (2015) es que una ingesta del atleta debe de estar en 1.2-1.7g/kg/d para poder maximizar la síntesis de proteína en el músculo. Tiller et al (2019) menciona que debe ser un rango de 1.3-2.1 g/kg/d ya que si hay una ingesta menor de 1.6 g/kg/d puede resultar un balance nitrogenado negativo en atletas

que tienen altas demandas en entrenamiento. Por lo que podemos decir que los atletas se encuentran dentro de un consumo óptimo para el balance positivo nitrogenado al igual de un anabolismo de proteínas.

La última parte de los macronutrientes, mas no la menos importante es la ingesta de lípidos, que la ingesta diaria total de los atletas del estudio fue de 62.6 ± 22.8 g y 0.8 ± 0.3 g/kg/d. En el estudio de (Mohoney, Carnes, Wojcicki, Frith, Ferry, 2016) mencionan que la ingesta de grasas es de 128.89 ± 89.69 y 1.85 ± 1.11 g/kg/d. por lo que podemos concluir que la ingesta que tienen los atletas esta por debajo del recomendado, pero como ya se menciono anteriormente este rango dependerá de muchos aspectos.

Rendimiento Físico

Al ser el consumo máximo de oxígeno un “gold standard” para medir el rendimiento cardiovascular y la capacidad de ejercicio se decidió calcularla por medio de esta prueba. Como ya se sabe que con diferentes protocolos o fórmulas el resultado del consumo de oxígeno puede variar, y el “gold standard” para obtener este es por medio de una calorimetría indirecta, pero es muy costosa y no todos los laboratorios de alto rendimiento la tienen.

Cinco días anteriores a la carrera se citó a los atletas para realizar una prueba de milla y media para valorar su nivel de rendimiento físico.

Como se puede observar en el estudio (Scheer et al., 2018) por medio de 3 protocolos de pruebas para determinar el VO_{2max} obtuvieron distintos resultados: en la prueba Step test dio 60.1 ± 5.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹, Ramp test resultó 59.7 ± 5.5 ml·kg⁻¹·min⁻¹ y Trail test 62.5 ± 5.9 ml·kg⁻¹·min⁻¹. A raíz de lo anterior se determinó que se iba a evaluar el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) por medio de la fórmula de The American College of Sport Medicine (ACSM) que tiene una alta correlación a los métodos estandarizados para determinar el VO_{2max} (Koutlianos, Dimitro, Deligiannis, Kouidi, 2013). De acuerdo a la fórmula obtuvimos los resultados de los atletas de este estudio donde se obtuvo un promedio de 49.2 ± 4.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹, con un máximo de 56.9 y un mínimo de 42.1 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Al ser comparado este promedio con el artículo de (Grosicki, Durk, Bagley, 2019) se obtuvo un resultado por medio de calorimetría indirecta de un VO_{2max} de 66.7 ml·kg⁻¹·min⁻¹ del atleta que quedó dentro de los mejores 10 en la carrera Western States Endurance Run con 163 kms. El artículo de Coates et al. 2020 con 51 atletas que corrieron diferentes distancias desde 50 hasta 160 kms

obtuvieron como resultado los de 50 kms un promedio de VO_{2max} de 50 ± 10 ml/kg/min. Y en atletas de 35 a 59 años que son corredores amateurs, que completaron distancias desde 183-320 km y obtuvieron un promedio de 57 ± 4.0 ml·kg⁻¹·min⁻¹ (Kłapcińska et al., 2013).

El rendimiento en las largas distancias de ultramaratón depende de varios factores, pero uno de los determinantes clave para el rendimiento de resistencia es la tasa máxima de absorción y utilización de oxígeno por parte del cuerpo durante el ejercicio exhaustivo (Scheer et al., 2018).

Carrera 60 kms

De los 23 participantes en este artículo de Coates et al. (2020) tuvieron un promedio de tiempo en 50 kms de 6.2 ± 2.3 h. En comparación con el artículo (Ramos-Campo, Ávila-Gandia, Alacid, Soto-Méndez, López-Roman, Rubio-Arias, 2016) reclutaron 11 atletas amateur que completaron 54 kms, los cuáles la realizaron en 6 h 44 min \pm 28 min. Con un total de 23 atletas que recorrieron 65 kms en el estudio de (Fornasiero et al., 2018) obtuvieron un resultado de tiempo promedio de 11.8 ± 1.6 horas y un rango de 8.2 a 14.3 horas. Los atletas de este estudio tuvieron un promedio en 60 kms de 7.11 ± 1.22 horas, con un mínimo de 6.28 horas hasta un máximo de 9 horas.

Es importante recalcar que también pudimos obtener datos de frecuencia cardíaca y se obtuvo un promedio de 139.5 ± 16 pulsaciones por minuto y un promedio de la máxima de 172.4 ± 17.5 pulsaciones por minuto, manteniendo un promedio de distribución de intensidad la mayoría de la carrera en la Zona II y III de entrenamiento, entre el 60-80% de su frecuencia máxima. En el estudio de Fornasiero et al. (2018) obtuvieron un resultado de una frecuencia máxima promedio de 181 ± 8 y un rango de 166 a 196 pulsaciones por minuto, y un promedio de intensidad mantenida en Zona I, debajo del VT1 de la frecuencia cardíaca. En comparación con el artículo (Ramos-Campo, Ávila-Gandia, Alacid, Soto-Méndez, López-Román, Rubio-Arias, 2016) tuvieron un promedio de frecuencia cardíaca de 158.8 ± 17.7 pulsaciones por minuto.

Nuestros atletas tenían una variable amplia en los años de experiencia entrenando este deporte, iniciando con atletas con menos de 6 meses, en comparación de otros que estaban arriba de 10 años de experiencia. En el artículo de Coates et al. (2020) menciona que los atletas que investigaron tenían un promedio de 6 ± 4 años entrenando, y a mayor kilometraje de carrera mayor años de experiencia de entrenamiento.

No se pudo obtener un artículo exactamente con las mismas características de distancia y altimetría a la que los atletas realizaron, pero se puede hacer un aproximado de las distancias de 50 a 65 kms para poder hacer las comparaciones o simplemente agregar los nuevos datos obtenidos de estos ultramaratonistas. Los rangos de horas algunos atletas realizaron mejores tiempos que atletas que terminaron el 50 kms en los ya artículos mencionados y al igual que los promedios de las frecuencias cardiacas y recordar que las frecuencias también pueden variar de acuerdo al terreno que se este llevando a cabo la competencia. Algo que si se encontró mucha diferencia es en el rango promedio de la intensidad en las zonas de frecuencia cardiaca.

El TRIMP de Edward nos señala la carga interna de la intensidad a la que el atleta estuvo realizando su entrenamiento o competencia, donde un rango arriba de 750 unidades se considera extremadamente alto especialmente en atletas amateurs (Fornasiero et al., 2018). En el artículo de 65 kms con 23 atletas (Fornasiero et al., 2018) se realizó el TRIMP de Lucia donde dividieron en 3 zonas de entrenamiento la carrera y obtuvieron una carga de ejercicio de 766 ± 110 unidades. En el estudio realizado con nuestros atletas se obtuvo un resultado de 1054 ± 585 unidades. Lo que podemos decir es que la carga de ejercicio realizado durante la competencia indica que fue una carga elevada.

En el análisis estadístico que se realizó sobre el tiempo y el TRIMP no encontramos diferencia significativa entre ambos grupos. El grupo experimental realizo un menor tiempo en comparación al grupo control, el grupo experimental realizo 418.6 ± 71.8 minutos, sobre el grupo control que realizó un tiempo de 449.3 ± 78.8 minutos, que es una diferencia de 30 minutos. Lo que podemos ver es que el grupo experimental realizo la carrera a una intensidad mayor que el grupo control, lo que causa un daño muscular mayor que se puede observar con el marcador sérico de CK y también se puede analizar con el resultado obtenido en el TRIMP que nos indica la carga interna o intensidad en la que realizaron los atletas y hay un resultado en el grupo experimental de 1342.4 ± 435.9 , sobre el grupo control que obtuvieron 1068.8 ± 375.3 , aunque estadísticamente no sean positivos.

Lo que podemos decir es que la suplementación de cúrcuma sobre el tiempo realizado en la carrera de 60 km y el TRIMP no tiene un efecto estadísticamente positivo sobre ellos, pero esto también puede influir a que nuestra muestra fue pequeña.

Análisis bioquímico

En el estudio realizado en 301 deportistas en una carrera de 330 kms por alrededor de Italia se les realizaron los marcadores de daño muscular como la CK y proteína C reactiva que fueron tomadas antes y después de la carrera. Los resultados base de pre carrera de la CK fueron de $112 \pm 33 \text{ UI}\cdot\text{L}^{-1}$ y las posteriores fueron de $3719 \pm 3045 \text{ UI}\cdot\text{L}^{-1}$ (Saugy et al., 2013). Los atletas que completaron 54 kms, tuvieron una CK pre carrera de $820 \pm 2087.3 \text{ UI}\cdot\text{L}^{-1}$ y una CK post carrera $2421 \pm 2336.2 \text{ UI}\cdot\text{L}^{-1}$ (Ramos-Campo, Ávila-Gandia, Alacid, Soto-Méndez, López-Roman, Rubio-Arias, 2016). En el estudio (Carmona, Roca, Cusso, Irutia, Nescolarde, Brotons, Bendini, Cadefau, 2014) donde realizaron un ultramaratón de 85 kms con un total de elevación ganada de 12,180 metros, tuvieron un rango de base clínicamente normal en parámetros de (35-175 U/l) y después hizo un pico de $2052 \pm 860 \text{ U/L}$ en menos de 1 hora después de terminar la carrera, y se mantuvo elevada en rangos de $1345 \pm 651 \text{ U/L}$. En los resultados de los doce atletas de este estudio obtuvieron pre carrera un promedio de $168.6 \pm 71.2 \text{ UI}\cdot\text{L}^{-1}$ y al finalizar la carrera en promedio de $1152.5 \pm 1254.1 \text{ UI}\cdot\text{L}^{-1}$ y 24 horas posteriores a la carrera $1477.5 \pm 1332.4 \text{ UI}\cdot\text{L}^{-1}$. Donde los valores de referencia clínicos que se tomaron en cuenta son de 57-197 UI/L (Arakawa et al., 2016).

Los niveles de CK tienden a elevarse en consecuencia del daño en el tejido muscular causado por el ejercicio prolongado intenso (alto volumen) y su alta variabilidad en atletas también puede estar relacionado a características genotípicas. La CK nos provee un indicador de daño en la fibra muscular, porque no se puede identificar la magnitud del daño o el tipo de fibra que esta afectada; pero por ser el deporte ultramaratón es razonable que las fibras I son las que en mayor medida son recluidas y dañadas (Carmona, Roca, Cusso, Irutia, Nescolarde, Brotons, Bendini, Cadefau, 2014).

La proteína C reactiva es secretada por los hepatocitos y es inducida por la IL-6 y tiene el papel de inducción de citocinas antiinflamatorias de monocitos circulantes como la supresión de citocinas proinflamatorias de macrófagos tisulares. En el estudio de 32 atletas que corrieron la ultra distancia de 200 kms, pudieron observar que su proteína C reactiva aumento hasta 22 veces si rango inicial y se mantuvo elevada hasta 24 horas después de la carrera. En este estudio el cambio que se pudo observar fue que la PCR se aumento después del kilometro 100 (Son et al., 2015). En el Tor des Géants realizaron la carrera de 330 kms con un total de elevación positiva y negativa de 2400 m, donde 25 atletas fueron participes en el estudio, donde los parámetros pre carrera fueron

de 0.31 ± 0.32 y con los resultados post carrera de $13.11 \pm 7.51 \text{ mg/L}^{-1}$ (Saugy et al., 2013). En el estudio (Ramos-Campo, Ávila-Gandia, Alacid, Soto-Méndez, López-Roman, Rubio-Arias, 2016) donde recorrieron 54 kms con 2726 m positivos, donde los atletas tuvieron un promedio de PCR inicia de 2.1 ± 2.0 y post carrera de $2.5 \pm 1.5 \text{ mg/L}^{-1}$. Los resultados obtenidos de nuestros atletas en pre carrera fue de 1 ± 3.4 , post carrera de 1 ± 3.4 y 24 horas posteriores $6 \pm 4.43 \text{ mg/L}^{-1}$. Los valores de referencia tomados fueron 0-0.30 mg/dL (Arakawa et al., 2016). En nuestro estudio de los doce atletas evaluados solo 1 presento PCR de 12 desde el inicio, pero ese atleta empezó a entrenar 2-3 semanas antes de la carrera por el cual ya traía probablemente inflamación muscular por la carga y volumen de entrenamiento días anteriores.

Un aumento de urea en plasma sugiere una actividad alta metabólica, sin embargo, también puede indicar una disminución de las funciones renales (Chlíbková et al., 2018). En el estudio (Chlíbková et al., 2018) donde se compararon maratonistas y ultramaratonistas de 100 kms se pudo observar que en urea sérica están por arriba en un promedio antes de carrera de 34.20 ± 7.25 y después de la carrera un promedio de $55.94 \pm 15.34 \text{ mg/dL}$.

Los aumentos en la concentración plasmática de enzimas musculares pueden reflejar no solo el daño estructural, sino también su tasa de eliminación (Son et al., 2015).

Al no encontrar artículos de ultramaratón suplementados con cúrcuma donde se pudiera hacer una comparación, se realizó la investigación en artículos que tuvieran los marcadores inflamatorios séricos y con ellos que no están suplementados hacer el análisis en conjunto con nuestros datos.

La urea otro de los marcadores séricos que se analizaron en estos atletas es porque la urea es el producto de degradación final de las proteínas y músculos, por lo que este marcador tiende a elevarse de forma natural en lesiones musculares en ejercicio y montañismo (Arakawa et al., 2016).

Tomamos el valor de referencia del artículo (Hoppel et al., 2019) donde nos indica un rango de referencia de 10-20 mg/dL. En este mismo artículo se estudiaron a 32 atletas que corrieron 67 kms con 4500 m de ascenso y descenso, los valores de pre competencia fueron de $14.88 \pm 4.55 \text{ mg/dL}$, post competencia fueron de $29.13 \pm 6.81 \text{ mg/dL}$ y 24 horas posteriores al terminar los valores dieron un rango de $25.5 \pm 4.44 \text{ mg/dL}$.

En el artículo donde se monitoreo al atleta de 36 años en el UM de 258 km donde el obtuvo un valor de 25 mg/dL antes de la carrera y un 1 día después un valor de 35 mg/dL (Gajda et al., 2019).

En el UM que se estudio en el artículo (Arakawa et al., 2016) donde se corrieron 130 km que se llevo acabo en 2 días los valores de referencias de estos 21 atletas en el marcador de la urea fueron de pre competencia de 16.73 ± 1.01 mg/dL, al finalizar la competencia de 23.38 ± 1.17 mg/dL y al día posterior fue de 21.96 ± 1.25 mg/dL.

En este estudio que se realizo en 60 kms los atletas tuvieron un resultado de base de 42.3 ± 5.8 mg/dL, después de la competencia un rango de 58.2 ± 10.4 mg/dL y 24 horas después de la competencia un rango de 56.0 ± 8.6 mg/dL.

Lo que se puede deducir que es los atletas de este estudio desde sus valores pre carrera tienen valores muy elevados arriba del rango que se menciona anteriormente, en comparación con los otros artículos se puede ver que en todos los rangos están por arriba de las medias de estos atletas lo cuál se indica que los atletas ya traían un daño muscular desde antes o las cargas de entrenamiento fueron muy altas antes de la carrera.

Al realizar el análisis estadístico se obtuvieron distintos resultados sobre los marcadores inflamatorios séricos. En el marcador de la CK pudimos ver que en el grupo experimental al finalizar la carrera y posterior a 24 horas estuvieron por arriba del grupo control. Lo cual nos indica que la suplementación de cúrcuma sobre la CK no tuvo ningún efecto positivo en el grupo experimental. Al igual en el grupo del marcador sérico de la urea nos indica que el grupo experimental también se mantuvo por arriba en los niveles que el grupo control al finalizar la carrera. Esto nos indica que la urea también se mantuvo mas elevada en el grupo experimental que el control, que indica que el catabolismo de amino ácidos se mantuvieron elevados y ocasionaron un daño muscular mas elevado en el experimental, aunque la suplementación de cúrcuma con pimienta negra no tiene una influencia estadísticamente positiva sobre el marcador de la urea. En la proteína C reactiva lo que indica que la suplementación de cúrcuma a una dosis de 12 g antes de la carrera tiene un efecto estadísticamente positivo sobre la PCR al finalizar la carrera. Como se menciona en el artículo de Isaacs et al (2019) que en ejercicio excéntrico hay un mayor daño en las fibras tipo II por lo cuál esta relacionado a una respuesta mas elevada en los marcadores séricos de daño muscular como lo son la CK y PCR y se mantienen elevados desde 6 horas posteriores del ejercicio hasta 1-2 días después. En respuesta a un ejercicio agudo hay una estimulación hepática por la IL-6, esta induce la

síntesis y liberación de PCR. Por lo que se ha visto que una ingesta con cúrcuma tiene un efecto antiinflamatorio sobre las citocinas pro inflamatorias, y por consiguiente va a disminuir la síntesis y liberación de PCR (Fernandez et al., 2020).

Los resultados obtenidos se le puede atribuir a que la carrera fue de larga duración y de alta intensidad donde los ultramaratonistas tuvieron gasto elevado del metabolismo de los carbohidratos, lípidos y amino ácidos, que con los resultados obtenidos de CK, urea y PCR nos indica que los atletas del grupo experimental tuvieron un catabolismo de proteínas mas elevado en comparación que el grupo control, por lo cual generaron un daño muscular mayor al grupo control por la alta intensidad que se mantuvieron durante la carrera donde hubo un mayor reclutamiento en fibras tipo II, aunque los resultados no hayan sido estadísticamente positivos. Y con el efecto positivo sobre la PCR con la suplementación de cúrcuma por el efecto antiinflamatorio que tiene sobre las citocinas pro inflamatorias.

Lo que se puede realizar en estudios posteriores es considerar una muestra mas amplia y con un protocolo con una suplementación de cúrcuma de larga duración de ingesta.

Conclusiones

Se puede concluir que la suplementación de cúrcuma tiene un efecto positivo sobre el marcador sérico inflamatorio de la PCR, sin embargo, no tiene el mismo efecto sobre el marcador de la CK y urea. De acuerdo al recordatorio de 24 horas los atletas no tienen una recuperación completa en base a los macronutrientes específicos como lo son los carbohidratos y proteínas.

Referencias bibliográficas

- Actor Jeffrey, S. K. (2019). *Translational Inflammation* (pp. 69–91).
- Amalraj, Augustine, Divya, Chandradhara, Gopi, S. (2020). *The Effects of Bioavailable Curcumin (Cureit) on Delayed Onset Muscle Soreness Induced By Eccentric Continuous Exercise: A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Clinical Study*.
- Amorin, S., Costa, R., Vardasca, R., Pontinha, M. (2016). *Abstracts from the third annual medicine & science in ultra-endurance sports conference*.
- Arakawa, K., Hosono, A., Shibata, K., Ghadimi, R., Fuku, M., Goto, C., Imaeda, N., Tokudome, Y., Hoshino, H., Marumoto, M., Kobayashi, M., Suzuki, S., & Tokudome, S. (2016). Changes in blood biochemical markers before, during, and after a 2-day ultramarathon. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 43. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s97468>
- Balducci, P., Cléménçon, M., Trama, R., Blache, Y., & Hautier, C. (2017). Performance Factors in a Mountain Ultramarathon. *International Journal of Sports Medicine*, 38(11), 819–826. <https://doi.org/10.1055/s-0043-112342>
- Barthélémy, Delecroix, Abd Elbasset, Abaïdia, Cédric, Leduc, Brian Dawson, Grégory, D. (2017). *Curcumin and Piperine Supplementation and Recovery Following Exercise Induced Muscle Damage: A Randomized Controlled Trial*.
- Belli, T., Meireles, C. L. D. S., Costa, M. de O., Ackermann, M. A., & Gobatto, C. A. (2016). Somatotipo, composição corporal e desempenho em ultramaratona. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 18(2), 127–135. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2016v18n2p127>
- Bosworth, S., & College, B. (2018). *Contact ! A Story about Running A Story about Running*.
- Burke, L. (2010). *Nutrición en el deporte: un enfoque práctico* (E. Panamericana (ed.)).
- Campbell Marilyn, C. N. and F. B. (2020). *Influence of curcumin on performance and post-exercise recovery.pdf*.
- Carmona, G., Roca, E., Cusso, R., Irutia, A., Nescolarde, L., Brotons, D., Bendini, J., Cadefau, J. (2014). *Mountain Ultramarathon and Sarcomere Disruptions of slow fibers*.
- Castellar, Carlos, Montoya, Duber, Penarrubia, Carlos, Pradas, F. (2018). *Impacto de*

- una carrera de larga distancia por montana en los parámetros bioquímicos de dano muscular en corredores entrenados. April 2020.*
- Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed Onset Muscle Soreness. *Sports Medicine*, 33(2), 145–164.
- Chlíbková, D., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., Knechtle, B., & Bednár, J. (2018). Fluid metabolism in athletes running seven marathons in seven consecutive days. *Frontiers in Physiology*, 9(FEB), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00091>
- Coates, A., Berard, J., King, T. J., & Burr, J. (2020). *Physiological Determinants of Ultramarathon Trail Running Performance*. 1–12. <https://doi.org/10.31236/osf.io/y2kdx>
- Costa, R. J. S., Knechtle, B., Tarnopolsky, M., & Hoffman, M. D. (2019). Nutrition for ultramarathon running: Trail, track, and road. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 130–140. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0255>
- Dirgha Raj Joshi , Abinash Chandra Shrestha, N. A. (2018). *A REVIEW ON DIVERSIFIED USE OF THE KING OF SPICES: PIPER NIGRUM (BLACK PEPPER)*. 9(10), 4089–4101. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9\(10\).4089-01](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9(10).4089-01)
- Duffield, R., Drinkwater, E. J., & Protein, C. (2010). *Effects of resistance or aerobic exercise training on IL-6, CPR and body composition*.
- Fallon, K. E. (2001). The acute phase response and exercise: The ultramarathon as prototype exercise. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11(1), 38–43. <https://doi.org/10.1097/00042752-200101000-00007>
- Faria, F. R., Gomes, A. C., Antunes, A., Rezende, K. R., Pimentel, G. D., Oliveira, C. L. P., Antunes, B. M., Lira, F. S., Aoki, M. S., & Mota, J. F. (2020). Effects of turmeric extract supplementation on inflammation and muscle damage after a half-marathon race: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, 120(7), 1531–1540. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04385-7>
- Fedewa, M. V., Hathaway, E. D., & Ward-Ritacco, C. L. (2017). Effect of exercise training on C reactive protein: A systematic review and meta-Analysis of randomised and non-randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 51(8), 670–676. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-095999>
- Fernandez, Diego, Mielgo, Juan, Seco, Jesus, Cordova, Alfredo, Caballero, Alberto,

- Fernandez, C. (2020). *Modulation of Exercise-Induced Muscle Damage, Inflammation, and Oxidative Markers by Curcumin Supplementation in a Physically Active Population: A Systematic Review.*
- Ferrer, M. D., Drobic, F., & Pons, A. (2011). *Effect of lemon verbena supplementation on muscular damage markers , proinflammatory cytokines release and neutrophils ' oxidative stress in chronic exercise.* 695–705. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1684-3>
- Fornasiero, A., Savoldelli, A., Fruet, D., Boccia, G., Pellegrini, B., & Schena, F. (2018). Physiological intensity profile, exercise load and performance predictors of a 65-km mountain ultra-marathon. *Journal of Sports Sciences*, 36(11), 1287–1295. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1374707>
- Gajda, R., Klisiewicz, A., Matsibora, V., & Piotrowska-kownacka, D. (2019). *Heart of the World ' s Top Ultramarathon Runner — Not Necessarily Much Different from Normal.* 1–18.
- Goh Jorming, Leong Chin, S. K. (2019). Concurrent Aerobic and Strength Training. *Concurrent Aerobic and Strength Training*, 125–138. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75547-2>
- Gorgani, L., Mohammadi, M., Najafpour, G. D., & Nikzad, M. (2017). Piperine—The Bioactive Compound of Black Pepper: From Isolation to Medicinal Formulations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 124–140. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12246>
- Grosicki, G., Durk, R., Bagley, J. (2019). *Rapid gut microbiome changes in a world-class ultramarathon runner.*
- Hewlings, S., & Kalman, D. (2017). Curcumin: A Review of Its' Effects on Human Health. *Foods*, 6(10), 92. <https://doi.org/10.3390/foods6100092>
- Holt, N. L., Lee, H., Kim, Y., & Klein, K. (2014). Exploring experiences of running an ultramarathon. *Sport Psychologist*, 28(1), 22–35. <https://doi.org/10.1123/tsp.2013-0008>
- Holway, F. (2005). *DATOS DE REFERENCIA ANTROPOMÉTRICOS PARA EL TRABAJO EN CIENCIAS DE LA SALUD: LAS TABLAS “ARGO- REF.”*
- Hoppel, F., Calabria, E., Pesta, D., Kantner-Rumplmair, W., Gnaiger, E., & Burtscher, M. (2019). Physiological and pathophysiological responses to ultramarathon running in non-elite runners. *Frontiers in Physiology*, 10(OCT), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01300>

- Isaacs, A. W., Macaluso, F., Smith, C., & Myburgh, K. H. (2019). C-reactive protein is elevated only in high creatine kinase responders to muscle damaging exercise. *Frontiers in Physiology, 10*(FEB), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00086>
- Kasapis, C., & Thompson, P. D. (2005). The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: A systematic review. *Journal of the American College of Cardiology, 45*(10), 1563–1569. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.12.077>
- Kłapcińska, B., Wańkiewicz, Z., Chrapusta, S. J., Sadowska-Krępa, E., Czuba, M., & Langfort, J. (2013). Metabolic responses to a 48-h ultra-marathon run in middle-aged male amateur runners. *European Journal of Applied Physiology, 113*(11), 2781–2793. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2714-8>
- Klickovic, U., Doberer, D., Gouya, G., Aschauer, S., Weisshaar, S., Storcka, A., Bilban, M., & Wolzt, M. (2014). Human pharmacokinetics of high dose oral curcumin and its effect on heme oxygenase-1 expression in healthy male subjects. *BioMed Research International, 2014*. <https://doi.org/10.1155/2014/458592>
- Kocaadam, Betul, Sanlier, N. (2017). *Curcumin, an active component of turmeric (Curcuma longa), and its effects on health*.
- Koutlianos, N., Dimitro, E., Deligiannis, AS., Kouidi, E. (2013). *Indirect estimation of VO2max in athletes by ACSM's equation: valid or not?*
- Kristjansson, R. P., Oddsson, A., Helgason, H., Sveinbjornsson, G., Arnadottir, G. A., Jensson, B. O., Jonasdottir, A., Jonasdottir, A., Bragi Walters, G., Sulem, G., Oskarsdottir, A., Benonisdottir, S., Davidsson, O. B., Masson, G., Th Magnusson, O., Holm, H., Sigurdardottir, O., Jonsdottir, I., Eyjolfsson, G. I., ... Stefansson, K. (2016). Common and rare variants associating with serum levels of creatine kinase and lactate dehydrogenase. *Nature Communications, 7*. <https://doi.org/10.1038/ncomms10572>
- Londoño, C. A., Zapata, N. Z., Grajales, P. J. P., & Gracia, D. C. (2006). Ejercicio y sistema inmune. *Iatreia, 19*(2), 189–198.
- Mashhadi, N. S., Ghasvand, R., Askari, G., Feizi, A., Hariri, M., Darvishi, L., Barani, A., Taghiyar, M., Shiranian, A., & Hajishafiee, M. (2013). No Title. *International Journal of Preventive Medicine, 4*(Suppl 1), S11–S15.
- Metral, G. (2009). *Fisiología I*. 1–25.
- Moghadam, Siamak, Oddis, Chester, Aggarwal, R. (2016). Approach to asymptomatic creatine kinase elevation. *Physiology & Behavior, 176*(1), 139–148.

<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>

- Mohammad, Seyed, Sanches, A. (2019). *Nonvitamin and nonvitamin nutritional supplements* (Elsevier (ed.); pp. 119–128).
- Mohoney, S., Carnes, A., Wojcicki, T., Frith, E., Ferry, K. (2016). *Habitual Dietary Intake among Recreational Ultra-Marathon Runners: Role of macronutrients on performance*.
- Pallarés, JG; Morán, R. (2012). Propuesta Metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Spor and Health Research*, 4(2), 119–136.
<http://ezproxy.flinders.edu.au/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=99627153&site=ehost-live>
- Peake, J. M., Neubauer, O., Gatta, P. A. D., & Nosaka, K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 559–570. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00971.2016>
- Pérez, I. M. (2016). Métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento en deportes de resistencia cíclica. *Búsqueda*, 3(16), 53–63.
- Ramos-Campo, D., Avila-Gandia, V., Alacid, F., Soto-Mendez, F., Lopez-Roman, F., Rubio-Arias, J. (2016). *Muscle damage, physiological changes and energy balance in ultra-endurance mountain event athletes*.
- Rivera, Juan, Sánchez, T. (n.d.). Uso del recordatorio de 24 horas para el estudio de distribuciones de consumo habitual y el diseño de políticas alimentarias en América Latina. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 65.
<https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-74/>
- Roohi, B. N., Moradlou, A. N., & Bolboli, L. (2017). Influence of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress. *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(1), 1–6. <https://doi.org/10.5812/asjms.35776>
- Rosa., A. (2016). *Plan de entrenamiento para un ultra-maratón. December*.
- Rosado, J., Duarte, J. P., Sousa-E-Silva, P., Costa, D. C., Martinho, D. V., Valente-Dos-Santos, J., Rama, L. M., Tavares, Ó. M., Conde, J., Castanheira, J., Soles-Gonçalves, R., Courteix, D., & Coelho-E-Silva, M. J. (2020). Body composition among long distance runners. *Revista Da Associacao Medica Brasileira*, 66(2), 180–186. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.66.2.180>
- Ross, Ronald, Preedy, V. (2019). *Dietary Intervention in Liver Disease*.
- Sanz, J. (2016). Valoración de las Ayudas Ergogénicas Nutricionales en el Deporte. *G-*

- SE*, 30(4).
- Saugy, J., Place, N., Millet, G. Y., Degache, F., Schena, F., & Millet, G. P. (2013). Alterations of Neuromuscular Function after the World's Most Challenging Mountain Ultra-Marathon. *PLoS ONE*, 8(6).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065596>
- Scheer, V., Ramme, K., Reinsberger, C., & Heitkamp, H. C. (2018). VO 2 max Testing in Trail Runners: Is There a Specific Exercise Test Protocol? *International Journal of Sports Medicine*, 39(6), 456–461. <https://doi.org/10.1055/a-0577-4851>
- Singh, A., & Deep, A. (2011). Piperine : A Bioenhancer. *International Journal of Pharmacy Research & Technology*, 1(1), 1–5.
<https://doi.org/10.31838/ijprt/01.01.01>
- Son, H. J., Lee, Y. H., Chae, J. H., & Kim, C. K. (2015). Creatine kinase isoenzyme activity during and after an ultra-distance (200 km) run. *Biology of Sport*, 32(3), 267–272. <https://doi.org/10.5604/20831862.1163384>
- Stevens, C. J., & Best, R. (2016). Menthol : A Fresh Ergogenic Aid for Athletic Performance. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0652-4>
- Stohs, Sidney, Chen, Oliver, Ray, Sidhartha, Ji, Jin, Bucci, Luke, Preuss, H. (2020). *Highly Bioavailable Forms of Curcumin and Promising Avenues for Curcumin-Based Research and Application: A Review*.
<https://doi.org/10.3390/molecules25061397>
- Sugama, K., Suzuki, K., Yoshitani, K., Shiraishi, K., & Kometani, T. (2012). *Following Endurance Exercise. II*, 116–128.
- Takahashi, M., Suzuki, K., Kim, H. K., Otsuka, Y., Imaizumi, A., Miyashita, M., & Sakamoto, S. (2014). Effects of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress in humans. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 469–475. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1357185>
- Tanabe, Yoko, Chino, Kentaro, Ohnishi, Takahiro, Ozawa, Hitomi, Sagayama, Hiroyuki, Sagayama, Maeda, Seiji, Takahashi, H. (2018). *Effects of oral curcumin ingested before or after eccentric exercise on markers of muscle damage and inflammation*.
- Tiller, N. B., Roberts, J. D., Beasley, L., Chapman, S., Pinto, J. M., Smith, L., Wiffin, M., Russell, M., Sparks, S. A., Duckworth, L., O'Hara, J., Sutton, L., Antonio, J., Willoughby, D. S., Tarpey, M. D., Smith-Ryan, A. E., Ormsbee, M. J., Astorino, T. A., Kreider, R. B., ... Bannock, L. (2019). International Society of Sports

- Nutrition Position Stand: Nutritional considerations for single-stage ultramarathon training and racing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 1–23. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0312-9>
- Urdampilleta, A., Armentia, I., Gómez-Zorita, S., Martínez-Sanz, J. M., & Mielgo-Ayuso, J. (2015). La fatiga muscular en los deportistas: Métodos físicos, nutricionales y farmacológicos para combatirla. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 32(1), 36–43.
- Valtueña, A. (2018). *Últimos avances en las aplicaciones terapéuticas de Curcuma Longa L. y sus componentes aislados*. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ANDREA VALTUEÑA MURILLO.pdf>
- Walsh, N. P., Gleeson, M., Pyne, D. B., Nieman, D. C., Dhabhar, F. S., Shephard, R. J., Oliver, S. J., Bermon, S., & Kajeniene, A. (2011). Position statement part two: Maintaining immune health. *Exercise Immunology Review*, 17(May 2014), 64–103.
- Wardenaar, F. Dijkhuizen, R. Ceelen, I. Jonk, E. de Vries, J. Witkamp, R. Mensink, M. (2015). *Nutrient intake by ultramarathon runners: can they meet recommendations?*
- Zapatera, B., Prados, A., Gómez-martínez, S., & Marcos, A. (2015). *Inmunonutrición : metodología y aplicaciones*. 21, 144–153. <https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5061>
- Zorica Stojanovic-Radic, Milica Pejic, Marina Dimitrijevic, Ana Aleksic, Nanjangud V. Anil Kumar, Bahare Salehi, William C. Cho, J. S.-R. (2019). *Piperine-A Major Principle of Black Pepper: A Review of Its Bioactivity and Studies*.

Anexo A. Historia clínica, deportiva y nutricional

1. Nombre completo:
2. Fecha de nacimiento:
3. Edad:
4. Sexo:
Femenino - Masculino
5. Ocupación:
6. Email:
7. Número de celular:

Antecedentes Personales No Patológicos

8. ¿Fumas?
Si - frecuente No- nunca- A veces
9. ¿Tomas alcohol?
Si - frecuente No. - nunca A veces
10. ¿Consumes alguna droga?
Si - No
11. Si contestaste que sí, ¿Cuál?
12. Horas de sueño:
7-8 hrs 6-5 hrs 5-4 hrs
13. Horas de trabajo al día:
8 o más 5-8 hrs 3-4 hrs
14. Estrés: (10 es estrés máximo).
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
15. ¿Te han hecho transfusiones de sangre?
Si No
16. Tiempo que tienes entrenando para el 60 km.
1 año o más- 6 meses- Menos de 6 meses
15. Experiencia deportiva en ultramaratón
Más de 10 años 6-9 años
5-3 años
3-1 años Menos de 1 año

Antecedentes Personales Patológicos

18. ¿Padeces de alguna de estas enfermedades?

Diabetes

Hipertensión arterial (Presión alta)

Cardiopatías (Enfermedades del corazón)

Oncológicas (Cáncer)

Sobrepeso/Obesidad

Dislipidemias (Colesterol, Triglicéridos elevados)

Enfermedades exantemáticas (Sarampión, varicela, rubéola, escarlatina)

Alergias

Otras

19. Si contestaste que sí en alguna de las anteriores, escribe tus medicamento

20. ¿Te han realizado cirugías recientemente?

Si No

21. Si contestaste que sí, ¿Qué te realizaron?

Nutrición

22. ¿Cuánta agua tomas al día?

Menos de 1 L -Entre 2-3 L - Más de 3 L

23. ¿Tomas electrolitos?

Si- diario- No- Algunas veces

24. ¿Tomas algún suplemento?

Si-No

25. Si contestaste que sí, ¿Cuáles?.

Vitaminas

Creatina

Proteína en polvo

Pre workouts (óxido nítrico)

Beta-alanina

Nitritos

Cúrcuma

Omegas o aceite de pescado (3,6,9)

Colágeno

Otros

26. ¿Padeces de estreñimiento?

Si- No- A veces

27. Recordatorio de 24 horas (Un consumo normal de un día entre semana) - sean sinceros con porciones y alimentos - pongan cantidades o si no, un aproximado

Ejemplo de recordatorio de 24 horas:

Antes de ir a entrenar: 2 panes integrales + 1 cucharada de crema de cacahuete + ½ pza de plátano

Desayuno: 3 huevos + 2 rebanadas de pechuga de pavo + 3 tortillas de maíz

Snack: no realizo o a veces 1 fruta o un gansito

Comida: 200 g de pollo + 2 tazas de arroz blanco + brócoli + limonada sin azúcar

Snack: licuado (1 tza de leche light + 1 fruta + ½ tza de avena + 1 cda de chocolate con azúcar)

Cena: 4 panes integrales + 4 rebanadas de pechuga de pavo + 2 rebanadas de queso panela + ½ aguacate + tomate + espinacas + agua

Anexo B. Consentimiento informado

Fecha: Día _____ Mes _____ Año _____

Iniciales: _____

Folio: _____



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Organización Deportiva
Protocolo de Investigación

“Cúrcuma contra el daño muscular en ultramaratonistas”

Investigador principal: Dr. Germán Hernández Cruz. Coordinador del Estudio: Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero. Co-investigador: LNB. Gabriela Reyes Conn



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ATLETAS ULTRAMARATONISTAS

TITULO DEL ESTUDIO: “Cúrcuma contra el daño muscular en ultramaratonistas”

VERSIÓN DEL ESTUDIO: Versión 1.0, fecha 4 de noviembre de 2020

VERSIÓN DEL DOCUMENTO: Versión 1.0, fecha 4 de noviembre de 2020

CENTRO (SITIO DE INVESTIGACIÓN):	INVESTIGADOR PRINCIPAL:
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN. Ciudad Universitaria, Av. Alfonso Reyes s/n, San Nicolás de los Garza, N.L., C.P. 66451. Telefax: (81)8352-2356.	Dr. Germán Hernández Cruz - Dirección: Facultad de Organización Deportiva de la UANL., Campus Ciudad Universitaria, Av. Alfonso Reyes s/n, San Nicolás de los Garza, N.L., C.P. 66451. Telefax: (81)15165405. Correo: german.hernandezcrz@uanl.edu.mx

Nombre del Participante (Deportista):

Fecha de nacimiento: ____/____/____/
Femenino _____

Sexo: Masculino _____/

Día Mes Año

Se le extiende una invitación a participar en el proyecto de investigación titulado: “Cúrcuma contra el daño muscular en ultramaratonistas” el cual realiza la Facultad de Organización Deportiva de la UANL.

El proyecto tiene como objetivo analizar el efecto de la suplementación de cúrcuma sobre el daño muscular. Para ver los efectos en la recuperación en corredores de ultramaratón. La finalidad es encontrar una manera de poder ayudar o mitigar los daños que ocasiona el entrenamiento de altas cargas. La participación de los deportistas consistirá en la colaboración al momento de realizar las mediciones pertinentes, así como la recolección de muestras y llenado de cuestionarios.

1. Descripción de la intervención:

Se convocará al equipo de ultramaratón 1 semana antes a la competencia a una junta informativa en la cual los atletas serán informados del protocolo que se deberán seguir, tiempos, pruebas y si aceptan participar deberán firmar la carta de consentimiento informado bajo las normas del Comité de Bioética en Investigaciones en Ciencias de la Salud (COBICIS). Quienes decidan participar se les realizará un historial deportivo (años de práctica, competencias recientes), historial clínico por un médico especialista (datos personales, enfermedades, alergias), composición corporal y evaluación del estado nutricional por medio de personal certificado con ISAK nivel II. Todas las evaluaciones se realizarán en el consultorio. Después se evaluará el rendimiento físico mediante la prueba de la milla y media donde evaluaremos su Vo₂max, frecuencia cardíaca máxima y zonas de intensidad en la que se mantuvo el atleta. El estudio se dividirá en 4 etapas: test de milla y media, pre carrera, carrera y post carrera. Para la suplementación se manejará solo pre carrera y será por medio de la cúrcuma de forma aleatoria en los 6 atletas. Lo que seguirán el protocolo sugerido ingerir la suplementación de 12 pastillas (12 g) de 1000 mg cada una, en un aproximado de 30 minutos a 1 hora antes de iniciar la carrera para así poder valorar si realmente tiene un efecto estadísticamente significativo en el daño muscular por medio de la creatina quinasa, urea y proteína c-reactiva. Las muestras sanguíneas se dividirán en 3 etapas: la primera muestra (T1) se realizará 1-2 horas antes de la carrera, la segunda toma se hará al finalizar la carrera y la última muestra (T3) se realizará 24 horas posteriores a la carrera.

2. Muestras

El protocolo requiere de 3 tomas de sangre venosa por sujeto durante la intervención. Dichas tomas se realizarán para corroborar la evolución del participante. Los demás procedimientos que se llevarán a cabo son de carácter no invasivo siendo éstos, la medición de la zona de la frecuencia cardíaca, mediciones corporales de antropometría, historial clínico- deportivo -nutricional.

3. Participación

La participación de los sujetos en esta investigación es totalmente voluntaria y sin remuneración, así mismo, no conllevará ningún costo para el participante. El sujeto tendrá la libertad tanto de rechazar la participación, así como el abandono de la investigación en cualquier momento sin sanción o pérdida de los beneficios a que tendría derecho antes de iniciar la investigación. Al término de la investigación se le hará entrega de un informe de manera individual al participante. Toda información suministrada para los registros es totalmente confidencial.

4. Enfermedades o lesiones

Al ser un estudio totalmente controlado y esperando que dentro de la intervención no se sufra algún daño que pueda repercutir en una enfermedad, lesión o la muerte. En caso de la pérdida de la vida o muerte, los Investigadores quedan deslindados de toda responsabilidad. Así mismo, puede comunicarse con el comité de Bioética en Ciencias de la Salud, COBICIS, UANL. Para que esta política aplique, Usted debe seguir las indicaciones del personal encargado de la aplicación de las mediciones, y no realizar acciones que contribuya o cause una lesión. Usted no renuncia a ninguno de sus derechos legales al firmar esta forma.

5. Confidencialidad / Aviso de Privacidad

De acuerdo con la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, los registros obtenidos mientras usted está en este estudio, como los llamados datos personales y datos sensibles, así como los registros de variables de estudio y de salud relacionados, permanecerán con carácter estrictamente confidencial en todo momento.

Su uso será exclusivo para el propósito de esta investigación. No se realizará transferencia de sus datos personales o sensibles a terceros. Queda excluido todo uso de sus datos recabados, con fines comerciales o de mercadotecnia. Al firmar la forma de consentimiento usted acuerda proporcionar el acceso a sus datos para el estudio actual. Se tomarán precauciones necesarias para proteger su información personal, sin incluir su nombre en ningún formato del patrocinador, reportes, publicaciones o en alguna revelación futura.

Si usted se retira del estudio, el Investigador Principal ya no compilará más su información personal, pero se podrán procesar los datos obtenidos. Usted tiene derecho al acceso, rectificación, cancelación u oposición a la divulgación de sus datos. Para ejercer este derecho Ud. deberá contactar al Investigador Principal o al Comité de Bioética quienes le comunicarán los procedimientos, requisitos y plazos, así como, en su momento, por vía telefónica, de cualquier cambio en este Aviso de Privacidad.

6. Beneficios esperados

Se espera encontrar una estrategia más eficiente, viable y de bajo costo para la recuperación post ejercicio para los deportistas.

FIRMAS

Yo he leído o me han leído todas y cada una de las 4 páginas de esta forma de consentimiento y los riesgos descritos. Voluntariamente acepto y me ofrezco para formar parte de este estudio. Firmando esta forma de consentimiento, certifico que toda la información que yo he dado, incluyendo el historial médico, es verdadera y correcta hasta donde es de mi conocimiento.

Estoy en el entendido de que recibiré una copia de esta forma de consentimiento firmada.

Nombre con letras de molde del Atleta.

_____ / Día / Mes / _____ /
Año Fecha

Firma
(Favor de fechar al momento de la firma)

/ Día / Mes / _____ /
Año
Fecha de nacimiento

/ Masculino / Femenino /
Sexo

Testigo 1

Testigo 2

Número Telefónico para que Usted sea notificado sobre cambios en el Aviso de Privacidad:

/_____/_____/

/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/

LADA

Número Telefónico

Nombre del investigador con letra molde, quien leyó el presente consentimiento informado

Firma de COPIA RECIBIDA, de quien firma este Consentimiento Informado

Resumen Autobiográfico

GABRIELA REYES CONN

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte Con
Orientación en alto rendimiento

Reporte de Tesina: “EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON CÚRCUMA EN
MARCADORES INFLAMATORIOS EN ULTRAMARATONISTAS”

Campo temático: Nutrición y deporte de Resistencia

Lugar y fecha de nacimiento: Chihuahua, Chihuahua. 04/02/1994

Lugar de residencia: Monterrey, Nuevo León

Procedencia académica: Tec de Monterrey, Campus Monterrey, Licenciada en
Nutrición y Bienestar Integral

Experiencia Propedéutica y/o Profesional: Consulta privada de nutrición deportiva,
certificación ISAK nivel II,

E-mail: gabrielareyes0204@gmail.com