



**Universidad
Andrés Bello®**

Universidad Nacional Andrés Bello
Facultad de Humanidades y Educación
Pedagogía en Educación Física.

**EFFECTO AGUDO DEL CONSUMO DE CAFEÍNA SOBRE
CONTROL INHIBITORIO, FLEXIBILIDAD MENTAL Y
EQUILIBRIO DINÁMICO EN SUJETOS FÍSICAMENTE
ACTIVOS.**

**Seminario para optar al Título de Profesor de Educación Física para la Educación
General Básica y al Grado Académico de Licenciado En Educación**

Nombre alumno(s):

Ignacio Acevedo Aravena

Álvaro Cifuentes Zapata

Sebastián Delgado Ávila

Eduardo Pincheira Carquín

Profesor Guía:

M.Sc. Carlos Sepúlveda Guzmán.

Santiago – Chile

Diciembre 2014

AGRADECIMIENTOS

Álvaro Cifuentes Zapata:

A mi familia y seres queridos, por el apoyo incondicional, sobre todo cuando necesite una palabra de aliento. Ellos son los que me recuerdan día a día que si puedo lograr mis metas y mis sueños. Muchas gracias por todo.

Sebastián Delgado Ávila:

Con todo mi amor y cariño para mi familia, amigos, amor mío, todas esas personas que me ayudan en la vida para que yo pueda lograr mis sueños. Por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se hacía difícil.

A mi Angelito hermoso que esta en el cielo, gracias Lelita por amarme, protegerme y darme esa sonrisa que a cualquiera lo alegra, nos vemos algún día, te amo.

Eduardo Pincheira Carquín:

Agradecer de manera especial y sincera a mi familia por el apoyo que entregaron día a día en mi proceso universitario, para poder cumplir mis objetivos. Fueron muy importantes en todas mis decisiones y el apoyo fue incondicional. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para expresarles mis agradecimientos.

También agradecer al Sr. Luis Flores encargado de las instalaciones del gimnasio de la Unab. Por permitirme utilizar espacios e implementos durante toda mi carrera profesional, fue un aporte muy significativo, es por esto que agradezco la excelente disposición que tuvo a mi persona ya que fue suficiente para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta profesión. Muchas gracias señor Flores.

Quiero expresar también mis sinceros agradecimientos al profesor Carlos Sepúlveda por su importante y significativo aporte en esta tesis. Su apoyo, confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas han sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como profesor de educación física.

Para terminar agradecer a mis compañeros de universidad y de tesis quienes fueron pilar importante en el desarrollo de este largo proceso que juntos enfrentamos. Trabajar día a día con ellos fue una experiencia muy valiosa, donde en situaciones complejas ahí estuvieron apoyándome en todo momento, gracias compañeros y amigos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 Pregunta Problema	11
1.2 Pregunta de investigación.....	11
1.3 Objetivo General.....	11
1.4 Objetivo Específico.....	12
1.5 Justificación.....	12
1.6 Variables dependientes.....	13
1.6.1 Variable flexibilidad mental y control inhibitorio	13
1.6.2 Variable equilibrio dinámico.....	13
1.7 Variable independiente.....	13
1.8 Hipótesis.....	13
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1 Metabolismo de la cafeína.....	15
2.1.2 Farmacología de la cafeína.....	16
2.1.3 Efectos en el cerebro.....	17
2.1.4 Efectos en el cuerpo.....	18
2.1.5 Efectos sobre el músculo.....	19
2.1.6 Sistema Inmune	20
2.1.7 Cambios físicos	21

2.1.8 Efectos sobre la absorción de glucosa.....	22
2.1.9 Cafeína y motricidad.....	22
2.2 Cafeína y función cognitiva.....	24
2.2.1 Mecanismo de acción de la cafeína en el cerebro.....	25
2.2.2 Efecto de la cafeína en estado de alerta	26
2.2.3 Cómo se metaboliza la cafeína en el cuerpo	26
2.2.4 Cuando el efecto de la cafeína es más notorio.....	27
2.2.5 Cantidad de café para estar más alerta y lograr un mejor rendimiento	27
2.2.6 Cómo el consumo de café ayuda a la atención y concentración.....	28
2.2.7 El efecto de la cafeína en la memoria	28
2.3 La cafeína con otras sustancias	30
2.4 Función ejecutiva	30
2.4.1 Flexibilidad Mental.....	31
2.4.2 Control inhibitorio	32
2.5 Habilidades motrices	32
2.6 Cafeína y equilibrio.....	33
2.7 Equilibrio.....	34
2.7.1 Tipos de equilibrio.....	34
2.7.2 Equilibrio estático.....	35
2.7.3 Equilibrio dinámico	36
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO	38
3.1 Tipo de investigación	38
3.2 Diseño de la investigación.....	38

3.3 Población y muestra	39
3.3.1 Población.....	39
3.3.2 Muestra	39
3.4 Criterios inclusión.....	40
3.5 Criterios de exclusión.....	40
3.6 Materiales	41
3.7 protocolo de procedimiento experimental con cafeína.....	41
3.8 Protocolo de los test	42
3.8.1 Hacer no hacer o Go No Go Test.....	43
3.8.2 Protocolo de Prueba de equilibrio dinámico	44
CAPITULO IV: RESULTADOS	47
4.1 Gráficos	49
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	53
5.1 Go no Go test.....	53
5.2 Prueba de equilibrio dinámico a través del estabilómetro	56
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFIA	59
ANEXOS.....	64

INTRODUCCIÓN

La cafeína es una sustancia que, a nivel mundial, está presente en nuestra alimentación diaria hace ya varias décadas. El consumo en adultos en muchos casos es excesivo, pero este compuesto ha tomado una importancia social que va más allá de tomar una simple taza de café. Es más, en algunos individuos es parte de su dieta diaria. De hecho, a muchas personas les ayuda a tener un día mucho mejor, los mantiene más alerta, más activos, mucho más sensibles con lo que está pasando a su alrededor.

En la actualidad es una de las sustancias psicoactivas más utilizadas en el mundo, debido a su fácil acceso. Aparte de estar presente en una taza de café, se puede encontrar en diferentes alimentos y bebidas tales como chicles, bebidas energéticas, fármacos, té, etcétera (“Cafeína y rendimiento cognitivo,” n.d.).

Esta sustancia se puede encontrar asociada a fármacos relajantes musculares o antieméticos con la finalidad de potenciar los efectos de cada uno de ellos, incluso la cafeína puede ser administrada (en la mayoría de los casos no tiene contraindicación) en los tratamientos psicofarmacológicos indicados en las principales psicopatológicas (depresión, psicosis, etc.) o enfermedades neurológicas, como las demencias.

Este compuesto, entre sus funciones tiene la capacidad de potenciar el estado de alerta y la atención prolongada, y su actividad principal, como estimulante del sistema nervioso central, se debe a su acción como antagonista de la adenosina o agonista de los receptores de la adenosina.

La adenosina es una sustancia química generada de manera natural por el organismo y actúa regulando la actividad cerebral, el estado de vigilia y sueño. La cafeína bloquea los receptores específicos de la adenosina presentes en el tejido

nervioso, ocasionando la “pérdida de sueño y el estado de alerta”. Gracias a este mecanismo, la cafeína puede potenciar la capacidad de realizar un esfuerzo físico y mental, antes de que aparezca el cansancio retardando la fatiga (Burke, Desbrow, & Spriet, 2013).

El consumo de cafeína tiene en el organismo múltiples beneficios, entre los que destacan el rendimiento cognitivo, atención, alerta y concentración, siempre y cuando el consumo no sea más de lo normal con respecto al promedio. En general, los beneficios en las tareas atencionales y/o psicomotoras producto del consumo de dosis bajas de cafeína son superiores si los individuos se hallan en situaciones de déficit de activación, es decir, tienen algún trastorno en el sueño, trabajan de noche o simplemente no descansan lo necesario para empezar una nueva jornada de trabajo y/o estudio. Aunque en sujetos activos y/o activados previamente, el consumo de cafeína también tiene beneficios.

Existen estudios donde las dosis entregadas de cafeína (de forma aguda) son entre 100-400 mg, y se pueden suministrar en forma de capsulas, bebidas, barras, etcétera. Otros investigadores critican esta manera de entregar las dosis ya que, en la vida cotidiana la ingesta de cafeína es varias veces al día y no solo una vez, lo que, según ellos, limitan la capacidad de generalización de resultados a las condiciones de vida real. Puesto que la cafeína es muy habitual en la vida cotidiana, una variable importante a considerar es el hábito de consumo que tengan los individuos que participaran en las investigaciones.

En algunos científicos esto ha producido controversia sobre si realmente existen efectos beneficios atribuibles al consumo de cafeína. Así, se ha desarrollado la hipótesis de “recuperación de síndrome de abstinencia”.

Los seguidores de esta hipótesis piensan que el consumo de cafeína simplemente hace desaparecer el estado negativo debido a la abstinencia tras un tiempo sin haberse administrado, restaurando las capacidades cognitivas meramente a sus niveles normales (James & Rogers, 2005; Peter J. Rogers, Martin, Smith, Heatherley, & Smit, 2003; P. J. Rogers, 2007).

Sin embargo, muchos estudios no avalan esta hipótesis, ya que estos evidencian efectos psicoactivos de la cafeína, en periodos largos sin consumo en consumidores habituales. A favor de que el consumo de cafeína causa efectos beneficios reales sobre el rendimiento cognitivo existen 3 evidencias.

La primera procede de estudios preclínicos en animales de laboratorio, los cuales no estaban en estado carencial de cafeína, y la administración de esta tuvo efectos positivos en el rendimiento. La segunda, es que el consumo de cafeína en seres humanos que no sean consumidores habituales de dicho compuesto, también evidencia efectos positivos en su rendimiento. Y finalmente, en tercer lugar, la administración de cafeína en consumidores habituales que no se encuentren en estado de abstinencia, también tiene efectos beneficiosos (Smith, 2002).

Hay varias investigaciones que tratan de los beneficios que tiene esta sustancia en nuestro organismo, donde queda evidenciado que un consumo de cafeína en dentro de los valores normales no provoca reacciones negativas (Smith, 2002). Pero, ¿cómo actuarán los sujetos de estudio cuando tengan una ingesta concentrada de dicho compuesto?

Como se puede apreciar, existen estudios e hipótesis que sí avalan y comprueban los efectos beneficiosos del consumo de cafeína, y a su vez, existen hipótesis e investigaciones que no están a favor de dichos efectos. Estos últimos dan a entender

que el consumo de cafeína en estado de abstinencia solamente restaura las capacidades cognitivas a sus valores normales.

Considerando los antecedentes descritos anteriormente, a continuación se dará a conocer en mayor detalle los efectos que causan este compuesto en el organismo y la relevancia que tiene en algunas funciones específicas.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Pregunta Problema

La cafeína tiene diversas propiedades que ayudan al organismo a estar más alerta a las distintas situaciones que ocurren a su alrededor. Estos efectos se ven reflejados en las personas solo con una taza de café, el cual tiene una dosis baja de este compuesto, muy lejana a una ingesta aguda.

Es por esto que al grupo de investigadores le pareció interesante investigar a través de distintas pruebas las consecuencias que tiene un consumo agudo de cafeína, y por otro lado cuestionarse la siguiente pregunta de investigación.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto agudo del consumo de cafeína sobre el control inhibitorio, flexibilidad mental, y equilibrio dinámico en sujetos físicamente activos?

1.3 Objetivo General

Identificar el efecto agudo del consumo de cafeína sobre el control inhibitorio, flexibilidad mental y equilibrio dinámico en sujetos físicamente activos.

1.4 Objetivo Específico

- Determinar el efecto agudo del consumo de cafeína de $6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ peso corporal sobre la flexibilidad mental en sujetos físicamente activos a través del Go no Go test.
- Determinar el efecto agudo del consumo de cafeína de $6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ peso corporal sobre el control inhibitorio en sujetos físicamente activos a través del Go no Go test.
- Determinar el efecto agudo del consumo de cafeína de $6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ peso corporal sobre el equilibrio dinámico en sujetos físicamente activos a través del estabilómetro (Lafayette 16020, Lafayette Inc Co).

1.5 Justificación

El consumo de cafeína en la actualidad es cada vez mayor, las personas desconocen las cantidad que deben ingerir y muchas veces caen en el sobre consumo. No necesariamente la cafeína se puede consumir mediante el café, sino que también mediante distintas bebidas y alimentos.

Las extensas horas de trabajo, pocas horas de sueño, son algunos de los factores y razones del incremento en el consumo de este compuesto, ya que este estimula el sistema nervioso central retrasando la fatiga y la sensación de cansancio.

Las funciones ejecutivas como el control inhibitorio y flexibilidad mental, muchas veces se ven afectadas si un individuo no duerme las horas que se deben y/o tiene mucho cansancio, estas son algunos de los argumentos del alza en el consumo de café en los últimos años.

Es por esto que al grupo de investigadores les pareció interesante analizar el rendimiento de los sujetos, después de consumir una dosis aguda de cafeína.

1.6 Variables dependientes

1.6.1 Variable flexibilidad mental y control inhibitorio

Estas variables serán medidas a través de los datos obtenidos por los resultados en el Go no Go Test.

1.6.2 Variable equilibrio dinámico

Esta variable será medida a través de la prueba de equilibrio dinámico a través del estabilómetro.

1.7 Variable independiente

Administración de $6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ peso corporal de cafeína.

1.8 Hipótesis

Hi

- El consumo agudo de cafeína $6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ peso corporal incrementa el rendimiento en el control inhibitorio y flexibilidad mental

H₀

- El consumo agudo de cafeína $6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ peso corporal no incrementa el rendimiento en el control inhibitorio y flexibilidad mental.

H_i

- El consumo agudo de cafeína 6 mg x kg⁻¹ peso corporal incrementa el rendimiento en las actividades de equilibrio dinámico.

H₀

- El consumo agudo de cafeína 6 mg x kg⁻¹ peso corporal no incrementa el rendimiento en las actividades de equilibrio dinámico.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Metabolismo de la cafeína

La cafeína funciona como un químico natural encontrado en ciertas plantas, además la cafeína no tiene ningún valor nutritivo en el organismo, pero lleva siglos el ser humano ingiriendo cafeína para satisfacer distintas necesidades que ésta le provoca. Este hábito en la gente parece causar dependencia tanto física como psicológica. El uso regular de cafeína puede causar en algunas personas: dolores de cabeza y otros síntomas, pero estos son relativamente menores en comparación con otros medicamentos tales como el alcohol, nicotina, cocaína, morfina y opio (Burke et al., 2013).

Es muy difícil discutir las acciones de la cafeína en el organismo sin algún tipo de investigación y/o estudio a nivel químico o fisiológico. En términos químicos, la cafeína es un alcaloide, la cual significa que es una sustancia básica y orgánica de origen vegetal, trimetilxantina. Es un polvo blanco sin olor que es soluble en agua y en lípidos, tiene un sabor amargo (P. J. Rogers, 2007).

Cuando la cafeína se ingiere, se metaboliza lentamente o se degrada en el hígado con una vida media de 3,5 a 5 horas. Esto significa que la mitad de la cafeína en la sangre sigue siendo después de 3,5 a 5 horas, y luego en las próximas horas la otra mitad se ha ido, dejando aproximadamente el 25% de la cantidad original, y así sucesivamente.

Cuando este compuesto se consume, aparece en la sangre rápidamente, con valores máximos registrados dentro de 45 a 90 mg/lts de sangre. Las concentraciones de cafeína se relacionan con el tamaño de la dosis que se consumió. La ingesta de la cafeína es de 3 miligramos por kilogramo de masa corporal (en lo sucesivo simplemente conocido como mg/kg) produciendo los niveles sanguíneos de 15 a 20 micromoles por

litro, así que consumir 9 mg/kg resulta en concentraciones de 60 a 75 micromoles (Burke et al., 2013).

2.1.2 Farmacología de la cafeína

Las características farmacológicas hacen que la cafeína sea una sustancia de fácil manejo y elevada seguridad (Puig & Vigué, 2011). La absorción de cafeína tras administrarla por vía oral, es rápida y completa. Se distribuye en la mayoría de tejidos corporales y atraviesa la barrera hematoencefálica con mucha facilidad, lo que explica el hecho de actuar sobre el sistema nervioso central (SNC). Se metaboliza intensamente en el hígado, produciéndose en este proceso sustancias con actividad farmacológica, como su conversión en teofilina, prolongando el efecto en el organismo, teniendo activo lo mencionado anteriormente durante su efecto. Existen distintas formas de metabolización, dependiendo del individuo, entre ellos destaca la edad la cual suele enlentecerlos. Para la eliminación del organismo se utiliza principalmente la vía de excreción renal, a través de la orina.

Se está bien acreditado en que la cafeína tiene efectos positivos en el organismo, aprobándose por el ministerio de salud Español su utilización como fármaco recetado para estados de somnolencia, astenia, fatiga o agotamiento en adultos, estos sean de tipo físico o psíquico (Puig & Vigué, 2011).

Si el consumo de cafeína se realiza de forma autoadministrado o sin prescripción médica se sugiere no superar la dosis de 400 mg al día. El consumo de cafeína en dosis bajas o moderadas en los adultos se considera responsable y sin complicaciones sobre la salud y el cuál también se pueden obtener beneficios en las capacidades cognitivas como a corto, mediano y largo plazo, en especial en determinadas circunstancias.

2.1.3 Efectos en el cerebro

Está ampliamente aceptado que la cafeína es un estimulante del sistema nervioso central, causando mayor desveladas, excitación, vigilancia, ánimo mejorado, etcétera. Su consumo provoca un rápido aumento en la concentración de cafeína en el cerebro (SNC). Estudios en ratas muestran que la cafeína aumenta la concentración de los neurotransmisores del cerebro, el cual tiene un número de receptores de adenosina, así que está generalmente aceptado que la cafeína causa este fenómeno. Sin embargo la cafeína ha demostrado el aumento de la concentración, síntesis y facturación de todos los neurotransmisores principales, incluyendo la serotonina, dopamina, noradrenalina, acetilcolina y glutamato.

Una sugerencia es que los aumentos en los neurotransmisores excitatorios inducida por cafeína podrían dominar aquellos que causan fatiga, conduciendo a un mayor estado de alerta. Otra posible explicación es que hay existencia de varios tipos de receptores de adenosina (llamados isoformas). Cada sujeto puede tener afinidades diferentes por adenosina y cafeína, así respondiendo de manera diferente en cuanto a la liberación de neurotransmisores.

Otros estudios en humanos han proporcionado resultados intrigantes que se relacionan con el cerebro y la cafeína. En el año 2002 se publicó un estudio de trabajo en el Instituto australiano del deporte (AIS) para investigar por qué los atletas de élite consumen bebidas cola y en la última parte de eventos largos deportivos, como: maratones y carreras de ciclismo. Se dice que estos atletas estaban locos, porque las dosis de cafeína eran muy bajas y en el momento fue nada en comparación con el enfoque tradicional del científico a la utilización de cafeína (dosis de 6 mg/kg 1 hora antes del evento). De hecho, se considera que la performance mejoro en un 3%, la misma magnitud de mejora de rendimiento considerada en el protocolo tradicional de cafeína. Han sido capaces de determinar que los efectos de la bebida cola parcialmente

fueron explicados por la ingesta de hidratos de carbono extra, pero sobre todo, por la dosis de cafeína. Sorprendentemente la ingesta de cafeína total proporcionada por el refresco de cola fue sólo 133 mg o 1.9 mg/kg, resultando en niveles de cafeína del plasma de menos de 10 qm. No se encontró ninguna evidencia de respuestas fisiológicas a la cafeína en el tejido adiposo o el músculo.

En la ausencia de poder medir directamente lo que ocurre dentro del cerebro humano durante el ejercicio, los científicos del deporte dependen de tener tasa de sujetos, lo difícil es realizar el deporte o ejercen tarea mediante la calificación de esfuerzo percibido. Esta escala va del 1 al 20, donde los números bajos coinciden con sentimientos de ejercicio ligero y el mayor número coincide con el máximo esfuerzo. Puede ser aplicado a la sensación de cuerpo entero o áreas específicas, ejemplo a la respiración o a la sensación en una de las piernas. Varios estudios han demostrado que la calificación de esfuerzo percibido es menor cuando a los sujetos se les pide que ejecuten un ciclo en una potencia dada siguiente a la ingesta de cafeína en comparación con un placebo o un control condición.

Se dice que la capacidad de la cafeína para reducir la percepción de lo duro que y que se trabaja es debido a una disminución en el umbral de disparo de las neuronas motoras o cambios en la fuerza de contracción muscular. Ambos mecanismos reducirían.

2.1.4 Efectos en el cuerpo

Se entiende que cada sujeto tiene distinta sensibilidad con la cafeína, haciendo que su forma de metabolizarse varíe de un organismo a otro, es por eso que la liberación rápida de cafeína en el torrente sanguíneo, seguida por su lento metabolismo significa que una dosis de cafeína tiene tiempo de sobra para ejercer sus efectos en el cuerpo, (efectos mencionados anteriormente). Lo importante es que puede cruzar la barrera

hematoencefálica, la barrera resistente que imponen los vasos sanguíneos en la pared del cerebro para detener el movimiento en el líquido cefalorraquídeo de los compuestos. Por lo tanto, la cafeína debe ser capaz de interactuar con todos los tejidos en el cuerpo, mediante interacción con receptores en la superficie del tejido o hecho de entrar en la célula en cuestión.

Cómo se describió anteriormente, la forma más común de cafeína ejerce sus efectos a través de su capacidad para competir por los receptores de adenosina.

2.1.5 Efectos sobre el músculo

La cafeína parece tener otros efectos sobre el ejercicio que no se derivan de vínculos relacionados a los receptores de adenosina. Algunos de estos efectos incluyen acciones directas sobre el músculo. También cabe que la evidencia para estas ideas proviene de experimentos hechos en trozos de músculos que están bañadas en altas concentraciones de cafeína. Por lo tanto, puede haber algunos problemas en la traducción de los resultados a seres humanos intactos y el deporte de la vida real.

La vía más probable en que la cafeína podría directamente generar contracciones musculares de beneficio, es a través de una mayor liberación de calcio (Ca^{+}) dentro de la célula del músculo, produciendo la fuerza (contracción muscular). Entonces una causa de la fatiga durante el ejercicio es la reducción gradual de calcio ya, que éste es liberado cada vez que queramos que los músculos se contraigan. Si la cafeína pudiera aumentar la liberación de calcio, nosotros podríamos ser capaces de luchar contra la fatiga un poco más (Burke et al., 2013).

Un segundo mecanismo de cafeína implica la membrana muscular potencial, que se refiere a las cantidades de sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}) en cada lado de la membrana muscular. Una enzima llamada (K-ATPasa) es responsable para el bombeo de Na^{+} y K^{+}

ida y vuelta a través de la membrana para alcanzar el potencial de membrana necesario para la contracción muscular.

También ha habido experimentos que hablan de sugerir que la cafeína podría mejorar la disponibilidad de combustible de hidratos de carbono (CHO) para el músculo. Esto puede surgir de mejor acción del proceso de mover o transportar la glucosa en las células del músculo o de la activación de la enzima que descompone el glucógeno en glucosa. Sin embargo, estas acciones solo pueden ser importantes en experimentos (in vitro), debido a que la vida real en ejercicio, proporciona una serie de señales que activan estos procesos cuando sea apropiado sin necesidad de recurrir a la cafeína (Burke et al., 2013).

Por último ha habido mucha discusión científica sobre la capacidad de la cafeína para inhibir una enzima llamada fosfodiesterasa. Esta enzima normalmente descompone una sustancia química llamada AMP cíclico, que es una molécula de señalización importante en muchas células. Se produce cuando la epinefrina o noradrenalina se une a sus receptores en cualquier célula del cuerpo. Sin embargo, las concentraciones necesarias para mostrar estos efectos en estudios (In Vitro) son mucho mayores que los atletas en que nunca experimentaran en su sangre después de la ingestión de cafeína. Así, esta teoría de la acción de la cafeína en el cuerpo parece más teórica que práctica.

2.1.6 Sistema Inmune

Se sabe que el ejercicio físico es considerado como una actividad saludable, que fortalece el sistema inmunológico. Sin embargo, y aunque existe cierto debate sobre esto, hay evidencia razonable en que el ejercicio pesado en realidad suprime el sistema inmunológico, haciendo atletas con más infecciones susceptibles al sistema respiratorio (resfriados). Estar enfermo tiene un gran impacto en el rendimiento si se detiene al atleta

de entrenar o constantemente si coincide con un gran evento. Es difícil investigar el sistema inmunológico y las enfermedades, ya que el sistema inmunológico depende de un gran número de células comunicadas entre sí y los productos químicos, muchos de los cuales pueden ser estudiados individualmente sin saber cómo afectará a menudo o cuándo una persona va a sucumbir a una infección o enfermedad.

2.1.7 Cambios físicos

La cafeína aumenta la tasa metabólica ligeramente, se ha propuesto que podría aumentar el gasto energético diario y ayudar en el control del peso o pérdida de peso. Esto explica la inclusión de la cafeína en algunas populares para perder peso, los llamados termogénicos, junto con otros ingredientes estimulantes. No hay una gran cantidad de evidencia que apoye el uso de bajas a moderadas cantidades de cafeína solo para bajar de peso. En estas dosis, los efectos son probablemente demasiado pequeños para ser significativa. Por ejemplo, un estudio de estudiantes universitarios que comprendió un programa de entrenamiento de ocho semanas, combinado con un suplemento diario proporcionado 200 mg de cafeína o placebo, no se encontraron diferencias en los cambios en sus niveles de aptitud o cambios en la composición corporal entre los grupos.

El uso de dosis grande de cafeína o combinaciones con otros estimulantes empieza a moverse en el territorio donde los efectos secundarios y efectos sobre la salud son mas importantes que cualquier efecto sobre la grasa corporal. Hay algunas pruebas de cafeína mezclada con extracto de té verde podría aumentar la oxidación de grasa y tasa metabólica. Esto explicaría probablemente solo una pequeña perdida en la cantidad de grasa por encima de lo que se podría lograr mediante un enfoque controlado por energía en cuanto a la dieta y el ejercicio. La línea de fondo, sin embargo, es que debido

a la regulación de los suplementos de pérdida de grasa es a menudo limitada, es por eso que no es recomendable.

2.1.8 Efectos sobre la absorción de glucosa

Algunas evidencias sugieren que la cafeína puede aumentar la absorción intestinal de glucosa. Esto significa que cuando se consumieron los carbohidratos durante el ejercicio, una mayor cantidad llega al músculo para proporcionar una fuente adicional de combustible. Varios estudios han analizado los aspectos prácticos de este. Un estudio de las Tierras de Nether tenía sujetos bien entrenados, ciclo durante 90 minutos a 70 % Vo₂ Max, después de un ayuno nocturno en tres ocasiones. Justo antes del ejercicio y en el minuto 20 y 40 en ejercicio, los sujetos ingieren agua, una bebida deportiva (7% hidratos de carbono), o la bebida deportiva y 100 mg de cafeína. Informaron que la condición de cafeína aumenta la absorción intestinal de la glucosa por 23% sobre las otras dos condiciones.

2.1.9 Cafeína y motricidad

Cuando se habla de motricidad se refiere a la capacidad que tiene el cuerpo humano para moverse gracias a la acción del sistema nervioso central que determina la contracción muscular frente a distintos estímulos. En presencia de cafeína la motricidad se ve afectada ya sea positiva o negativamente ya que puede ayudar a actividades motrices gruesas o movimientos realizados con la totalidad del cuerpo y/o afectar a la motricidad fina tales como acciones óculo-manuales, debido a los temblores causados por efectos secundarios de la cafeína (Burke et al., 2013).

La dosis de cafeína es esencial y se dice que una dosis moderada (3-6 mg / kg de peso corporal) resulta beneficiosa para quien practica ejercicio físico sostenido de alta resistencia y también ejercicios de alta intensidad (James & Rogers, 2005).

Todas las mejoras relacionadas al rendimiento físico residen en el cerebro ya que la cafeína se adhiere a los adeno-receptores por su parecido en estructura molecular impidiendo que se una a la adenosina y así inhibir los efectos sedantes y estimular al sistema nervioso central. También una de las formas más directas para que la cafeína provoque un efecto sobre el rendimiento físico es actuando sobre las vías motoras y es aquí donde aparece la dopamina un neurotransmisor presente en diversas áreas del cerebro que es muy importante para las funciones motrices y en presencia de cafeína impide la receptación de dopamina, lo que aumenta los niveles plasmáticos de ésta y provocan efectos en el Sistema Nervioso tales como aumentar la atención, aprendizaje y motivación.

A través de la interacción neuroquímica de adenosina y dopamina que provoca la cafeína se mejoran aspectos como la atención sostenida, la vigilia, estado de alerta y reduce los síntomas de fatiga debido a la motivación para mantener un esfuerzo durante el ejercicio, es decir, reduce la percepción del esfuerzo y varios estudios han demostrado que la ingesta de cafeína reduce significativamente la intensidad del dolor muscular tanto en hombres como mujeres.

Se produce un inyección de energía sobre la acción motriz ya que cuando se consume cafeína, las glándulas pituitarias captan un aumento de la actividad cerebral; el cerebro piensa que nos encontramos en una situación de alerta o emergencia por lo que activan las glándulas adrenérgicas y se secreta adrenalina que es la hormona “fight or flight” (huir o luchar) encargada de elevar la presión sanguínea, ritmo cardiaco, cantidad de glucosa en sangre entre otras. Provocando un aumento de la oxidación de ácidos grasos y una mayor disponibilidad plasmática, facilitando su utilización y entrada al metabolismo aeróbico, el cual actúa como sistema auxiliar del sistema glucolítico.

Los efectos ergogénicos que produce la cafeína sobre la acción motriz son beneficiosos siempre y cuando sea en la dosis necesaria para la función a desempeñar y sobre todo en acciones que involucre la motricidad gruesa.

2.2 Cafeína y función cognitiva

La palabra "cognición" proviene de la palabra latina "cognoscere" que significa "saber" o "reconocer" (Nehlig, 2010). Función cognitiva es un término general que se utiliza para describir una gran variedad de diferentes funciones cerebrales mediada por procesos. Estas funciones cerebrales nos permiten percibir, evaluar, almacenar, manipular y utilizar la información procedente de fuentes externas, como el medio ambiente, y fuentes internas, como la experiencia, la memoria y los pensamientos, y de responder a esa información (Schmitt, Benton, & Kallus, 2005).

Las funciones cognitivas pueden ser agrupados en seis áreas principales: funciones ejecutivas, las funciones de la memoria, la atención, las funciones perceptivas, funciones psicomotrices y destrezas del idioma. Estas distintas funciones a menudo actúan juntas para producir resultados de rendimiento cognitivo real. Un elemento clave es el nivel de excitación, que puede ser más o menos como el nivel de energía mental, el estado de ánimo (tristeza, feliz) es útil para modular función cognitiva, así como también la motivación y el bienestar físico.

Schematic representation of cognitive domains (Schmitt, 2005)

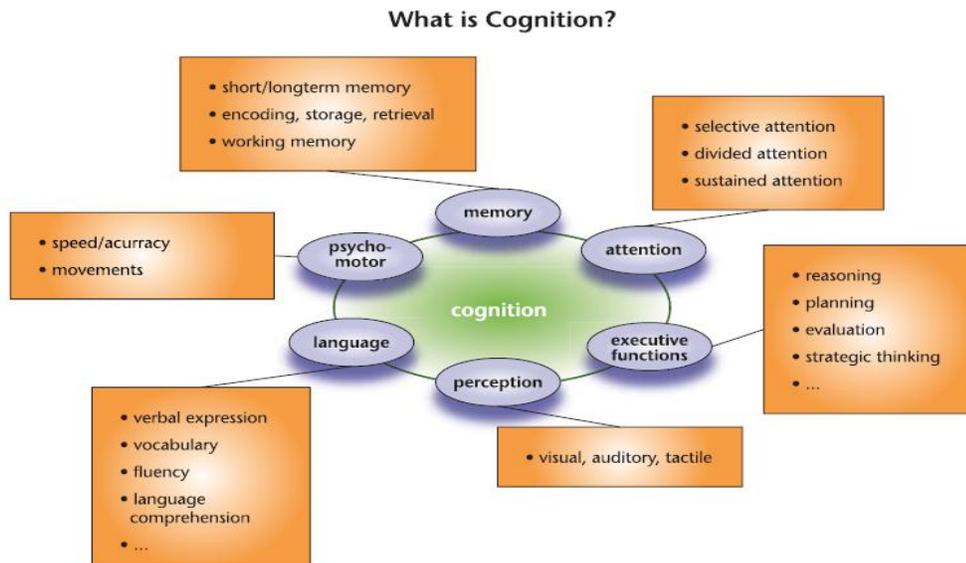


Figura 1: Esquema que muestra las seis áreas principales de la cognición con sus respectivas subáreas que maneja cada una de ellas (Schmitt et al., 2005).

2.2.1 Mecanismo de acción de la cafeína en el cerebro

La cafeína es capaz de influir en distintas regiones en el cerebro, por lo que promueve las funciones conductuales, como alerta, vigilancia y atención (Fisone, 2004). Estos efectos estimulantes de la cafeína son debido a su capacidad de actuar como un antagonista de los receptores adenosina. Hay cuatro receptores de adenosina y dos de ellos, los receptores de adenosina A1 y A2A, se unen a la cafeína con alta afinidad.

En dosis normalmente consumidas, la cafeína bloquea los receptores inhibitorios A1 y A2A, y por lo tanto aumenta actividad del sistema nervioso central (Fisone, Borgkvist, & Usiello, 2004; Fredholm, Bättig, Holmén, Nehlig, & Zvartau, 1999; Nehlig, 2004; Nehlig, Daval, & Debry, 1992).

2.2.2 Efecto de la cafeína en estado de alerta

La relación entre el nivel excitación y la realización de actividades es no lineal, sino que sigue una curva en U invertida: la disminución del rendimiento puede ocurrir debido a la comprensión y la sobre-excitación (Schmitt et al., 2005). Además, el nivel óptimo de excitación puede variar entre distintas tareas cognitivas (Jeroen A J Schmitt & Martin P J van Boxtel, 2004).

Algunas de las funciones que aumentan la estimulación son el tiempo de reacción y vigilia. Hay un gran número de estudios que muestran que el consumo de alimentos y/o bebidas con cafeína está asociado con una mayor capacidad de atención, tiempo de reacción, mejoras en el rendimiento y la vigilia. El nivel de rendimiento suele medirse en términos de la velocidad (tiempo de reacción), precisión (cantidad de información correcta), recuperación de información libre o selección de tareas visuales.

2.2.3 Cómo se metaboliza la cafeína en el cuerpo

Después de beber una taza de café, la cafeína es absorbida rápidamente en el tracto gastrointestinal, alcanzando el umbral entre los 15 y 120 minutos. La cafeína se distribuye por todo el cuerpo y fácilmente en el cerebro. La vida media de la cafeína es 3.5 a 5 horas, pero puede variar considerablemente en función de factores endógenos como la fisiología y la genética, también estos valores pueden variar por factores

exógenos como estilo de vida. Por ejemplo, la vida media de la cafeína en el organismo puede reducirse en aproximadamente un 50% en fumadores que en los no fumadores. La cafeína se metaboliza en el hígado y sus desechos excretados a través de los riñones (Fredholm et al., 1999; Nehlig et al., 1992).

2.2.4 Cuando el efecto de la cafeína es más notorio

El impacto de la cafeína, en el estado de alerta, es más notorio en individuos con un bajo nivel de estimulación. Sin embargo, la mejora en el rendimiento ha sido también observada cuando el estado de alerta disminuido no está involucrado (Smith, 2002). La somnolencia conduce a un deterioro en el rendimiento y se asocia a un incremento del porcentaje de error y lesiones. Por ejemplo, cambios en el horario de trabajo es una de las principales causas de somnolencia y estas requieren estar despierto a horas que son diferentes de las que dicta nuestro reloj biológico.

Una investigación de 13 ensayos muestra que la cafeína puede reducir el número de errores y mejorar el rendimiento cognitivo en los trabajadores por turnos y también en las personas que sufren de “jet lag” (Ker, Edwards, Felix, Blackhall, & Roberts, 2010). Por otra parte, la cafeína o consumo de café, ha demostrado contrarrestar la fatiga inducida por una noche sin dormir (Lorist & Tops, 2003) y está asociado a una mejor vigilia y disminución del riesgo de accidentes durante el trabajo.

2.2.5 Cantidad de café para estar más alerta y lograr un mejor rendimiento

El beneficio de porciones normales de café (60-100 mg de cafeína) en el estado de alerta ha sido demostrado en diferentes estudios. Incluso dosis más bajas han demostrado incrementar el estado de alerta, como 40 mg de cafeína por porción (Smit &

Rogers, 2000), 32 mg por porción (Lieberman, 2001) o las dosis tan bajas como 12,5 mg cafeína (Smit & Rogers, 2000). Sin embargo, el efecto de las dosis bajas de cafeína se observó principalmente en personas que no están acostumbradas a consumir cafeína. Cuando el consumo de cafeína es mayor, es decir, más de una o dos tazas de café, no necesariamente hay un incremento adicional en el estado de alerta (Quinlan et al., 2000; Smit & Rogers, 2000). En general, los efectos beneficiosos de la cafeína se encuentran con dosis similares a las que se encuentran en los niveles de consumo habitual café.

2.2.6 Cómo el consumo de café ayuda a la atención y concentración

La concentración está relacionada generalmente con una mejor atención selectiva, lo que significa que la mente se centra estrictamente en la tarea que se está realizando. El foco de atención puede ser mejorado por la cafeína como se muestra en varios estudios de tareas atención selectiva. En esos estudios los sujetos tuvieron que centrarse en la tarea y rechazar los distractores. Los resultados mostraron un incremento en la selección de información relevante (Lorist & Tops, 2003; Ruijter, De Ruiter, & Snel, 2000). Mediante otros estudios se ha demostrado que la cafeína mejora en los individuos la capacidad para utilizar de manera eficiente la información almacenada e inhibir la influencia de la acción de información irrelevante (Brunyé, Mahoney, Lieberman, & Taylor, 2010).

2.2.7 El efecto de la cafeína en la memoria

La memoria es uno de los aspectos de la cognición que incluye codificación, consolidación y recuperación de la información. Esta puede dividirse en función de la duración de la memoria, existe la memoria a corto plazo, que es transitorio y de

capacidad limitada y la memoria a largo plazo, en el que se incluye un gran almacenamiento de conocimientos y el registro de eventos anteriores, para potenciarlos por una duración ilimitada.

Cuando se habla de trabajo de memoria esto se refiere a la memoria a corto plazo y mecanismos que complementan y ayudan a mantener las cosas en mente al realizar tareas complejas, como el razonamiento, la comprensión y el aprendizaje. Memoria no se encuentra en una parte del cerebro, sino que implica una red de amplia distribución de información en diferentes estructuras cerebrales (Cowan, 2008).

Bajas dosis de cafeína mejoran el rendimiento de la memoria y se ha encontrado que altas dosis la disminuyen, posiblemente debido a la sobre-estimulación. Resultados similares se muestran en un estudio con baja carga de tareas versus alta carga de tareas (Nehlig, 2010). La cafeína ha mostrado que facilita el rendimiento en tareas de poca exigencia. Las tareas complicadas induce a un incremento de la estimulación por sí mismo, por ende la cafeína podría causar una sobre-estimulación.

Por lo tanto, la cafeína parece más bien mejorar el rendimiento en condiciones donde existe baja estimulación. No hay muchos estudios sobre los efectos de la cafeína en memoria a largo plazo. En los ancianos la cafeína podría ayudar a mitigar la poca estimulación relacionada con la edad y también reducir la baja de rendimiento de la memoria durante el día (Nehlig, 2010; Ryan, Hatfield, & Hofstetter, 2002). Sin embargo, los efectos de la cafeína sobre la memoria son incompatibles. Las discrepancias entre los estudios puede ser debido al método de evaluación de la memoria (recordar o reconocimiento), tiempo (inmediatas y tardías), el sexo y la edad de los sujetos.

2.3 La cafeína con otras sustancias

La cafeína es usada actualmente en diferentes productos y se encuentra naturalmente en el café, té y chocolate. También es añadida a bebidas como la coca cola, remedios, productos de nutrición deportiva, diuréticos, etc.; pero no todos estos productos contienen la misma cantidad de cafeína, por eso es importante saber qué dosis te aporta cada una de ellas.

La cafeína se combina con analgésicos para el tratamiento de la migraña y otros tipos de cefalea, se comercializa en productos utilizados para tratar el mareo u obesidad. También está presente en el tabaquismo ya que el tabaco es un inductor del metabolismo hepático, por lo que el uso presente con cafeína aumenta su metabolización y disminuye los niveles de esta sustancia.

2.4 Función ejecutiva

La función ejecutiva es un conjunto de habilidades cognitivas que permiten la anticipación y el establecimiento de metas, formando planes y programas mentales, la autorregulación de las tareas y la habilidad de llevarlas a cabo eficientemente. En pocas palabras esto es la actividad llevada a cabo por los lóbulos frontales del cerebro humano para los procesos cognitivos. Para comprender más lo que se quiere decir, se debe aclarar que el lóbulo frontal es uno de los cuatro lóbulos de la corteza cerebral y constituye una región grande que está situada en la parte delantera del cerebro, justo tras la frente. Los procesos complejos ocurren en esta zona con el fin de tomar el control conductual, es decir, planificar, tomar decisiones voluntarias, conscientes y elegir. La integración de la información ocurre en la parte anterior de la corteza prefrontal, permitiendo la elección de objetos y la organización de los planes de acción para realizarlos.

Estudios han demostrado que existe una relación entre el desarrollo de funciones ejecutivas y el proceso de maduración de la corteza prefrontal. Diversos experimentos han demostrado que el lóbulo frontal se activa más cuando la tarea es novedosa, en un estudio se pedía a los participantes el verbo adecuado que representaba a un sustantivo que era presentado visualmente, mediante la tecnología PET (tomografía por emisión de positrones) se observó un mayor flujo sanguíneo en el flujo frontal. Sin embargo cuando los participantes seguían con el experimento y el proceso se volvía rutinario, el flujo sanguíneo desaparecía dejando claro la importancia del lóbulo frontal en el proceso cognitivo novedoso (Raichle et al., 1994).

2.4.1 Flexibilidad Mental

Es necesaria para tener una mente ágil que eleva la experiencia y ayuda a ser más creativos felices y consientes de la realidad. Esta capacidad permite perseguir objetivos personales y de grupo de una forma más eficaz, resolviendo problemas y ayudando a fomentar la creatividad e innovación. Al hablar de flexibilidad, la constante que mas aparece es el cambio. La flexibilidad del pensamiento es un conjunto de funciones mentales para adoptar estrategias cambiantes o modificar el punto de vista. Esto no se trata de solo solucionar conflictos, sino de tener una mayor adaptabilidad a situaciones nuevas en donde aparecen mejores actitudes ante los cambios y menos frustración al cambio. Un sujeto que no posee la capacidad de cambio o adaptación genera actitudes intolerantes, repetitivas rutinarias e irritables, esto se denominaría rigidez mental.

Al ser flexible mentalmente se puede crear, explorar generar, imaginar, improvisar, inventar, modificar, relacionar y adaptar nuevos conceptos. El ser humano no nace rígido, una persona es poco flexible mentalmente porque su ambiente lo sobreprotege sin proporcionarle retos suficientes para generar alternativas llevándolo a un pensamiento más creativo.

2.4.2 Control inhibitorio

El control inhibitorio consiste en controlar o inhibir respuestas automáticas o impulsivas para dar lugar a respuestas mediadas por el razonamiento y la atención. El inhibir las interferencias puede ser a nivel motor, atencional y conductual. Cuando el déficit en la inhibición es conductual se expresa mediante actitudes compulsivas, si es a nivel atencional por la distractibilidad y si es a nivel motor se manifiesta en hiperactividad. La auto regulación del comportamiento es el proceso cognitivo alrededor del cual se fundamentan las demás funciones ejecutivas. El control inhibitorio es fundamental para el ejercicio de la flexibilidad mental, o sea va de la mano con el punto anterior, también se pueden controlar las interferencias e impulsividad, la memoria de trabajo y síntesis del comportamiento.

2.5 Habilidades motrices

Este concepto de habilidad motriz básica considera una serie de acciones motrices que aparecen conforme a la evolución humana y que ha permitido la supervivencia a través de los siglos. La característica particular de estas habilidades es que son comunes a todos los individuos y son la base para los aprendizajes motores más complejos. Según Schilling, “el movimiento es la primera forma y la más básica, de comunicación humana con el medio”. Hay una serie de periodos en el desarrollo, en los primeros es dónde se ve una mayor sensibilidad en la adquisición de estas habilidades es entre los 6 y 12 años, en donde el niño desarrolla las habilidades perceptivo motrices y el esquema corporal. Se consideran habilidades motrices básicas los desplazamientos, saltos, giros, lanzamientos y recepciones (Guilmain & Guilmain, 1981).

2.6 Cafeína y equilibrio

El sistema vestibular es la parte del oído interno que está relacionado con el equilibrio y el control espacial. El utrículo y el sáculo son estructuras del oído interno que informan la posición de la cabeza en relación con el suelo. Son diversos los movimientos y actividades que el cuerpo humano realiza día a día involucrando distintos giros, desplazamientos y aceleraciones que tienen efecto directo sobre el control motor desestabilizando el equilibrio. El sistema propioceptivo en conjunto con el sistema vestibular mantienen el tono muscular, coordina el movimiento de cabeza, ojos y cuerpo, esto es fundamental para la percepción del espacio y orientación del cuerpo.

La cafeína causa un aumento en la frecuencia cardíaca y estimulación del sistema simpático en donde se han registrado hasta ataques de pánico en los cuales se produce una intensa sensación de terror y pérdida de control. Este compuesto puede desencadenar y empeorar la ansiedad, los trastornos de pánico generando dolores de cabeza y taquicardias, debido a su capacidad de estimular el sistema nervioso simpático. En base a esta información se puede asumir que una dosis de cafeína tiene directo impacto en el sistema vestibular y propioceptor del organismo del cual se habló anteriormente.

Síntomas de ansiedad o pérdida del control motor se alivian cuando los ojos se abren y se acentúan cuando se cierran sugiriendo la capacidad para ayudar al equilibrio mediante la compensación visual. Los rápidos cambios de la atención o visión pueden empeorar la percepción del espacio siendo aquí en donde es de gran importancia la integración de información visual conflictiva en el esquema general del equilibrio.

2.7 Equilibrio

El equilibrio es conocido como la capacidad de asumir y sostener cualquier movimiento o posición del cuerpo contra la fuerza de gravedad, manteniendo una estabilidad, independientemente sea cual sea la movilidad que se ejecute. Desde tiempos antiguos, esta habilidad de mantener una posición contra la fuerza de gravedad ha generado un control efectivo ante las fuerzas que actúan sobre él.

La base de todo esto es la base de sustentación, llamado apoyo en donde el centro de gravedad se mantiene en equilibrio con los extremos del cuerpo (pies, manos, cabeza).

Después de toda la intervención que ha tenido la evolución en el equilibrio, se desarrollan distintas capacidades que hacen posible la subsistencia en el día de hoy, a través del desarrollo humano el organismo ha alcanzado, desarrollado y respondido a dos clases de equilibrio, el estático y el dinámico.

2.7.1 Tipos de equilibrio

El ser humano está en constantes actividades durante el día por lo que necesita funcionar de la mejor manera posible con movimientos fundamentales llamados patrones motores y dentro de ellos se encuentra el equilibrio, capacidad de asumir y mantener cualquier posición del cuerpo mismo en el espacio o de sus distintas partes aún en contra de la ley de gravedad y además de gran importancia en el control corporal.

Diferentes autores describen el concepto de equilibrio, entre los cuales destacan:

- Villada y Vizúete (2002) “El equilibrio es la capacidad que tenemos para controlar el cuerpo en el espacio y la capacidad de recuperar la postura correcta después de haber intervenido un factor que lo haya desequilibrado, o tras una situación de movimiento o desequilibrio. Para mantener el equilibrio es completamente necesaria la existencia de un centro de gravedad y de una base de sustentación”(citado por Hurtado & Carrizosa, 2002).
- Contreras (1998): “mantenimiento de la postura mediante correcciones que anulen las variaciones de carácter exógeno o endógeno” (citado por *Didáctica de la educación física*, 1998).
- García y Fernández (2002): el equilibrio corporal consiste en las modificaciones tónicas que los músculos y articulaciones elaboran a fin de garantizar la relación estable entre el eje corporal y eje de gravedad (citado por García Núñez & Fernández Vidal, 2002).

2.7.2 Equilibrio estático

Este se refiere a la orientación que tiene la cabeza con respecto del suelo, la gravedad es su mediador. Los receptores del equilibrio están en el oído medio y funcionan a través de una serie de procesos fisiológicos en donde hay producción de impulsos nerviosos que mandan señales sinápticas. En esta parte, el sistema vestibular toma protagonismo, este es una cámara llena de endolinfa (líquido del oído medio contenido en el laberinto membranoso), en donde el “utrículo” (vesícula del laberinto membranoso del oído medio) está ubicado en plano horizontal y el “sáculo” está en el

plano vertical. Las paredes están cubiertas de placas de células ciliadas recubiertas por material gelatinoso. Cuando hay un movimiento, la inercia hace desplazar estas piezas y ocurre un cambio a nivel fisiológico generando una despolarización que genera un potencial transmitiendo información hacia la corteza cerebral opuesta llevando la señal al cerebro.

El equilibrio estático consiste netamente en asumir, mantener y controlar una postura y mantenerla durante cierto tiempo sin desplazamiento (ej.: Posiciones del yoga).

2.7.3 Equilibrio dinámico

Se relaciona con movimientos súbitos y bruscos, un ejemplo sería al levantarnos o al iniciar la marcha rápidamente, estos receptores están también en el oído medio, la alteración en el medio de percepción se obtiene en los planos longitudinal, horizontal y oblicuo.

El equilibrio dinámico es propio para cada tipo de movimiento, provocando desplazamientos con todo el cuerpo, condicionado por factores externos. (ej.: Caminar, correr, saltar, cambios de dirección y sentido). Debido a esto, lograr mantener una posición en movimiento, es una labor complicada para el cuerpo.

La regulación del equilibrio viene establecida por tres tipos de mecanismos:

- a. Cinestésico: Relacionado con los propios receptores del músculo. Ayuda en la regulación del tono y percepción de la fuerza, presión, etc.

- b. Laberíntico: Relacionado con el oído medio. Da información de nuestra posición en el espacio. Propioceptores ubicados en las articulaciones, tendones y músculos y de los corpúsculos de Pacini en la planta de los pies.

El equilibrio estático depende de los receptores ubicados en el sáculo y el utrículo; el dinámico es detectado por los receptores que se encuentran en los canales semicirculares del oído medio.

- c. Visual: Información recibida a través de la vista por medio de los ojos se captan imágenes las cuales ayudan al ser humano a tomar una determinada ubicación en el espacio, por lo tanto, una buena visión es base primordial para controlar el equilibrio.
- d. Otros Factores: Motivación, capacidad de concentración, inteligencia motriz, autoconfianza.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de carácter cuantitativa de tipo descriptiva, ya que, “se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas” (Sampieri, Collado, & Lucio, 2006).

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es experimental puro con posprueba únicamente y grupo de control, ya que reúne los dos requisitos para lograr el control y la validez interna, estos son: grupos de comparación (manipulación de la variable independiente) y equivalencia de grupos.

Un diseño con posprueba únicamente y grupo de control, tiene 2 grupos, en los cuales uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Los grupos se constituyen de manera aleatoria y a ambos grupos se le una medición sobre la variable dependiente en estudio (Sampieri et al., 2006).

En este tipo de diseño, la única diferencia que existe entre los grupos es la presencia-ausencia de la variable independiente. El o los investigadores debe(n) observar que no ocurra algo que pueda afectar a un grupo. La hora, las condiciones ambientales y otros factores deben ser iguales para ambos, así se puede hablar de equivalencia de grupos.

RG_1	X	O_1
RG_2	$-$	O_2

Figura 2: Diseño de posprueba únicamente y grupo de control. R: Asignación al azar o aleatoria. G: grupos de sujetos. X: administración. O_1 y O_2 : test.

En esta investigación se utilizó la modalidad doble ciego (double blind), la cual consiste en que tanto los sujetos a evaluar como los investigadores no saben a quién se le administra la variable independiente, con el fin de que los análisis y resultados sean completamente objetivos.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Unidad de análisis: Estudiantes de segundo año de la carrera de educación física, jornada diurna, de la Universidad de las Américas.

3.3.2 Muestra

41 sujetos de segundo año de la carrera de Educación física de la universidad de las Américas.

Esta muestra es de tipo no probabilística, por que las personas elegidas son las que se ajustan a la investigación y cumplen con las características y requerimientos de esta. Es un subgrupo de la población en la que la elección de los sujetos no depende de

la probabilidad sino de las características de la investigación que se va a realizar (Sampieri et al., 2006).

3.4 Criterios inclusión

Sujetos de segundo año de la carrera de educación física de la universidad de las Américas que sean físicamente activos, su rango de edad sea entre 19 y 25 años y peso corporal entre 65 y 75 kilogramos. Los individuos deben estar en ayunas y no haber consumido café, alcohol, fármacos y drogas en las últimas 48 horas.

3.5 Criterios de exclusión

Los sujetos que serán excluidos de las pruebas a realizar, serán los que no cumplen los test y también los individuos que sufran alguna sintomatología adversa durante la realización de ellos.

3.6 Materiales

Tabla 1: Test y materiales utilizados en ellos.

Test	Materiales
Go no Go	Notebook (power point), cuaderno, lápiz,
Prueba de equilibrio dinámico	Estabilómetro de Lafayette, cuaderno, lápiz

Tabla 2: Materiales usados para realizar mediciones y otros.

Mediciones	Materiales
Glicemia	Glucómetro, lanceta, cinta reactiva, guantes quirúrgicos, algodón.
Frecuencia cardiaca	Medidor polar.
Otros	Capsulas de cafeína, placebo (talco), vasos, agua, pesa, cinta de medir, frutas.

3.7 protocolo de procedimiento experimental con cafeína

La siguiente investigación se realizó a un grupo de estudiantes de la carrera de educación física, jornada diurna, de la Universidad de las Américas. La muestra estuvo formada por 41 sujetos físicamente activos, que cumplieran con todos los criterios de inclusión mencionados anteriormente.

A las 08:30 horas del día Viernes 07 de Noviembre del 2014 en dependencias de dicha universidad. Los investigadores se reunieron con los sujetos a evaluar, donde se

les informo sobre el detalle de la investigación, y dieron su consentimiento por escrito para la realización de la misma.

Se separo el grupo en dos, 21 como el grupo de control y 20 alumnos como el grupo experimental. Los sujetos fueron randomizados y diferenciados (color azul y rojo respectivamente) por una persona externa (profesor guía). Luego se subdividieron en grupos de cinco sujetos, los cuales iban a ser llamados en orden a la sala de pruebas practicas.

A las 09:00 hora entró el primer subgrupo, tanto control como experimental. Luego de 10 minutos aproximadamente era el turno de los siguientes individuos. A medida que ingresaban se medía la frecuencia cardiaca (FC), glicemia (GLI), peso y estatura, luego de esto se les suministro $6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ peso corporal y/o talco, se utiliza esta sustancia porque es inocua para el organismo, así hasta que pasaran todos los subgrupos.

Después 40 minutos volvieron los primeros sujetos que fueron medidos para realizar las pruebas prácticas y volver a medir tanto la frecuencia cardiaca como la glicemia. Luego de esto, fueron pasando uno a uno a las pruebas. En primer lugar fue la realización del Go no Go test, después pasaron a la prueba de equilibrio dinámico a través del estabilómetro.

Es importante mencionar que días antes se llevo el instrumento a la Universidad de Las Américas para que los sujetos se familiarizaran.

3.8 Protocolo de los test

Los test Go no Go y prueba de equilibrio dinámico, fueron tomados en una sala aislada en la cual los sujetos podían sentirse cómodos y los examinadores también. Para

el primer test el procedimiento fue el siguiente: dos examinadores fueron los encargados de realizar esta prueba, uno contabiliza los errores y aciertos, y el otro es el que va pasando las diapositivas. Una vez finalizado, se siguió con el segundo test, en el cual un examinador era el encargado de dar las indicaciones, subir al sujeto al estabilómetro y anotar los datos entregados. Las pruebas fueron realizadas entre las 10:00 am y las 12:00 pm.

3.8.1 Hacer no hacer o Go No Go Test

Las actividades “hacer- no hacer” sirven para estimular las funciones ejecutivas de inhibición y flexibilidad. Es recomendable para niños y adultos con problemas en estas funciones ejecutivas y que padezcan Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) o Trastorno Generalizado del Desarrollo (TGD) y a personas sin patologías existentes.

Actividad 1

Cuando aparezca la palabra SI, dirás NO.

Cuando aparezca la palabra NO, dirás SI.

El resto de las palabras las leerás correctamente.

Haremos un ensayo.

Actividad 2

Cuando aparezca este color, rojo dirás azul.

Cuando aparezca este color, azul dirás rojo.

El resto los nombraras correctamente.

Haremos un ensayo.

Actividad 3

Cuando aparezca este dibujo, “mano aplaudiendo” darás un pisotón.

Cuando aparezca este otro, “zapato” darás una palmada.

En el resto, no harás nada.

Haremos un ensayo.

Se puntúan los errores cometidos en cada actividad y se saca el total al finalizar el test. Por cada actividad se contabiliza el número de errores y aciertos, al finalizar las tres actividades se obtiene el total de errores lo que entrega el puntaje final.

3.8.2 Protocolo de Prueba de equilibrio dinámico

El estabilómetro de Lafayette (Tsimaras, Giamouridou, Kokaridas, Sidiropoulou, & Patsiaouras, 2012) es un instrumento utilizado para medir y realizar pruebas de equilibrio dinámico y el balance corporal.



Fig. 3: Estabilómetro (Lafayette 16020, Lafayette Inc Co).

Los sujetos a evaluar estuvieron a lo menos 3 días antes, en sesiones de 15 min aproximadamente familiarizándose con el instrumento de medición (estabilómetro), ya que esto es necesario para la realización correcta de esta prueba de equilibrio dinámico.

Las indicaciones que debe seguir el sujeto son las siguientes:

- Posición anatómica, erguida.
- Pies paralelos, al ancho de los hombros.
- Mirar hacia adelante.

Cuando los individuos fueron evaluados, cada sujeto tenía un par de minutos para contextualizarse y adaptarse al instrumento de medición. Pasado este tiempo el examinador debe ayudar al sujeto a tomar la postura requerida, cuando se logra esto, se puede dar inicio al test, en el cual el estabilómetro contabiliza 30 segundos y este mismo marca el tiempo total en el cual el sujeto se encontró en una posición estable. Cuando el

estabilómetro se incline más de 5° grados para la izquierda o derecha el tiempo de estabilidad se detiene, mientras que el cronometro de los 30 segundos sigue avanzando.

CAPITULO IV: RESULTADOS

Posterior al análisis estadístico de los datos, y de acuerdo a los objetivos planteados en esta investigación, se muestran los siguientes resultados.

Tabla N° 3: Datos Generales

Datos obtenidos con mediciones tanto antes como después de rendir las pruebas.

	Grupo Control (n = 21)	Grupo Experimental (n = 20)
Edad (años)	24,29 ± 3,823	22,35 ± 3,514
Estatura (cm)	166,6 ± 9,683	169,4 ± 9,052
Peso Corporal (kg)	68,92 ± 10,35	70,53 ± 10,08
Frecuencia Cardiaca Pre (l x min⁻¹)	75,86 ± 12,20	71,15 ± 8,756
Frecuencia Cardiaca Post (l x min⁻¹)	76,81 ± 12,49	77,55 ± 9,676
Glicemia Pre (mg x dL sangre⁻¹)	71,50 ± 13,83	72,94 ± 6,668
Glicemia Post (mg x dL sangre⁻¹)	68,19 ± 10,26	80,06 ± 9,996

Tabla N° 4: glicemia pre y post, junto con su respectiva T de student.

	Glicemia Pre (mg x dL sangre⁻¹)	Glicemia Post (mg x dL sangre⁻¹)	t student
Grupo Control (n = 21)	71,50 ± 13,83	68,19 ± 10,26	p = 0,4477
Grupo Experimental (n = 20)	72,94 ± 6,668	80,06 ± 9,996	p = 0,0243*

* p < 0,05

Tabla N° 5: frecuencia cardiaca pre y post test

	Frecuencia Cardiaca Pre (l x min⁻¹)	Frecuencia Cardiaca Post (l x min⁻¹)	t student
Grupo Control (n = 21)	75,86 ± 12,20	76,81 ± 12,49	p = 0,8039
Grupo Experimental (n = 20)	71,15 ± 8,756	77,55 ± 9,676	p = 0,0345*

Tabla N° 6: resultados Go no Go test.

	Grupo Control (n = 21)	Grupo Experimental (n = 20)	t student
GONOGO TEST SI/NO	19,57 ± 0,6761	19,35 ± 0,6708	p = 0,2992
GONOGO TEST COLORES	18,48 ± 1,662	19,40 ± 0,8208	p = 0,0310*
GONOGO TEST ZAPATO/APLAUSO	11,52 ± 1,632	13,15 ± 1,226	p = 0,0009***

Tabla N° 7: resultados de prueba de equilibrio dinámico.

	Grupo Control (n = 21)	Grupo Experimental (n = 20)	t student
Equilibrio Dinámico (s)	10,18 ± 3,638	7,711 ± 3,107	p = 0,0251*

4.1 Gráficos

A continuación se presenta los gráficos de barras de las pruebas realizadas, indicando el promedio y la desviación estándar respectivamente.

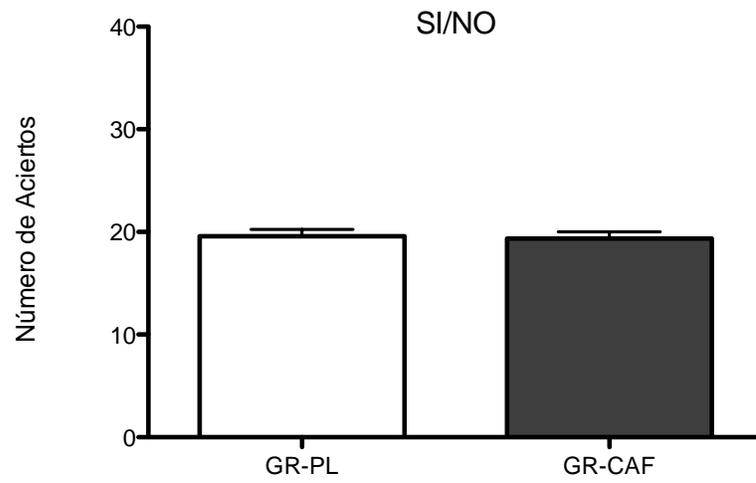


Gráfico 1: Actividad número 1 Go no Go test. No se muestran diferencias estadísticamente significativas entre GR-PL y GR-CAF ($p = 0,2992$).

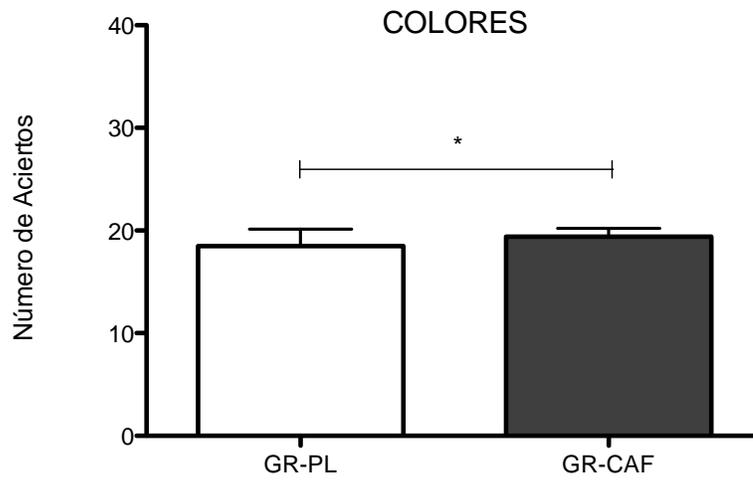


Gráfico 2: actividad numero 2 Go no Go test. Existen diferencias estadísticamente significativas entre GR-PL y GR-CAF ($p = 0,0310^*$).

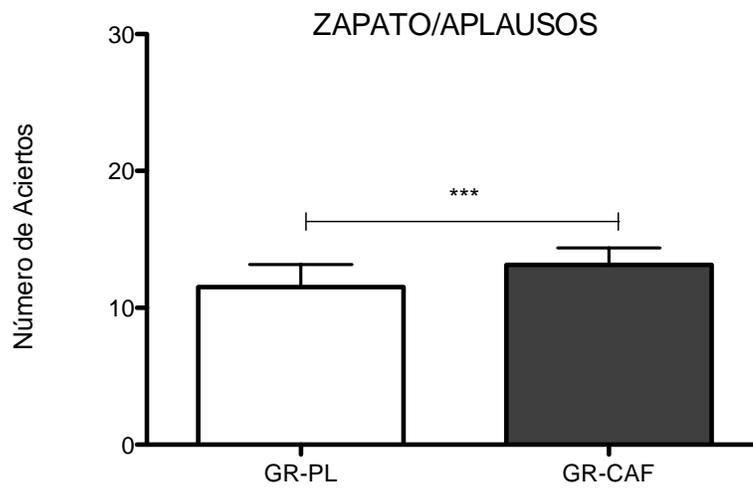


Gráfico 3: actividad numero 3 Go no Go test. Existen diferencias estadísticamente significativas entre GR-PL y GR-CAF ($p = 0,0009^{***}$).

ESTABILÓMETRO

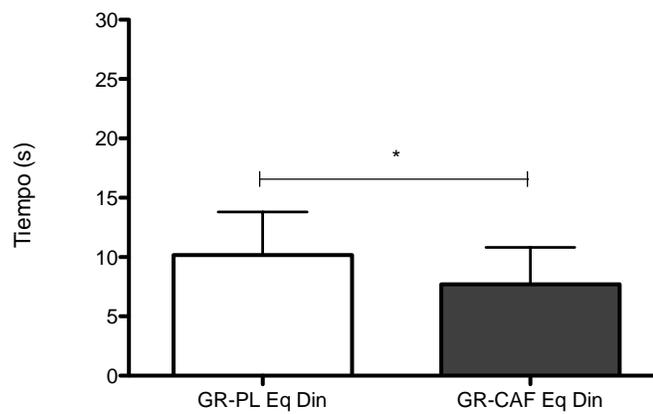


Gráfico 4: prueba de equilibrio dinámico. Existen diferencias estadísticamente significativas entre GR-PL y GR-CAF ($p = 0,0251^*$).

CAPITULO V: DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto agudo del consumo de cafeína en el control inhibitorio, flexibilidad mental y equilibrio dinámico, en estudiantes segundo año de la carrera de Pedagogía en Educación Física de la Universidad de las Américas, por medio de los siguientes test o pruebas: Go no Go test dirigido a las dos primeras variables dependientes y la prueba de estabilidad a través del estabilómetro de Lafayette para la variable dependiente de equilibrio dinámico.

5.1 Go no Go test

Los resultados obtenidos en las diferentes actividades de este test muestran que en algunos casos, la ingesta de una sustancia que activa el sistema simpático, como es la cafeína, es beneficiosa para la realización de tareas cognitivas, pero no en todas, ya que en algunas no tiene efectos relevantes.

- Actividad N° 1 “SI/NO”: en la primera actividad, los análisis no muestran diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de control (GR-PL) y el grupo experimental (GR-CAF), lo que implica que la administración de cafeína no causó una mejora y tampoco empeoró el rendimiento en esta actividad.

En la primera prueba del Go no Go test se involucran sentidos visuales y vocales. Por lo que se deduce que la cafeína no tiene efecto ni impacto en el área de Broca (área motora de las palabras) y Wernicke (área interpretativa general), zonas del cerebro ubicadas en el lóbulo frontal y temporal respectivamente, la cual tiene directa relación con la producción del habla y el procesamiento del lenguaje y comprensión.

Conocidos ya los antecedentes se estima que la adenosina no tendría una relación directa en el área de broca, ya que la cafeína al ser un antagonista de los receptores específicos de adenosina, debería tener un impacto al ser una sustancia que activa el sistema nervioso simpático.

- Actividad N° 2 “COLORES”: en esta actividad, los datos arrojados reflejan que si existen diferencias estadísticamente significativas entre el GR-PL y GR-CAF. Este último tuvo un mayor número de aciertos. Lo que implica que la administración de cafeína si causó un efecto positivo en el rendimiento de esta segunda fase del test, lo que concuerda con la hipótesis establecida por los investigadores.

La predominancia de los sentidos utilizados, al igual que la actividad N° 1 fue el área visual y vocal, pero entre estas dos, la que tiene mayor relevancia es la visual, por lo tanto la zona cerebral occipital o área de interpretación visual junto con el área de Wernicke, se vieron afectadas positivamente por la presencia de cafeína, ya que bloquea los receptores de adenosina, estimulando la neurotransmisión y mejorando el estado de aprendizaje, atención y alerta (producido por la activación del SNS), siendo estos dos últimos responsables del aumento de la capacidad visual y la interpretación, que en este caso fueron colores.

Por esto, se deduce que una de las causas de que la cafeína tuvo un impacto en esta actividad es debido a que una de las características del estado de alerta, es la sensibilidad a los estímulos externos, los cuales, en su mayoría, son detectados con la mirada y este compuesto lo que ocasiona (entre otras reacciones) es una dilatación de la pupila, por ende, una mayor capacidad visual.

- Actividad N° 3 “ZAPATO/ APLAUSO”: en esta última actividad los datos arrojados reflejan que si existen diferencias estadísticamente significativas entre el GR-PL y GR-CAF. Este último tuvo un mayor número de aciertos. Lo que implica que la administración de cafeína si causó un efecto positivo en el rendimiento de esta tercera fase del test, lo que concuerda con la hipótesis establecida por los investigadores.

Producto de los efectos ergogénicos de la cafeína, la capacidad motriz se vio afectada positivamente para una eficaz y correcta respuesta dentro de esta última fase, ya que este compuesto es un estimulante del SNS, lo que implica una mejora en el estado de alerta, teniendo como consecuencia, el aumento de la sensibilidad receptiva sobre estímulos externos, es decir, el control motor para movimientos bruscos no precisos se ve beneficiado en personas que consumieron la cápsula de cafeína (6 mg x kg⁻¹ peso corporal).

Tomando en cuenta los resultados descritos anteriormente, se deduce que la área motora primaria y la premotora o área motora suplementaria de la corteza cerebral, serían las causantes de un incremento en el rendimiento de la respuesta motriz que se dieron por los estímulos visuales (incrementados por la cafeína) y su correcta interpretación (Zapato o aplauso).

La cafeína beneficia la capacidad de concentración para la ejecución de este tipo de tareas (atención sostenida) y lo más probable es que ello se fundamenta en el incremento de la capacidad de atención visual (Brunyé et al., 2010). El consumo de este compuesto también ha mostrado efectos beneficiosos en las tareas de tiempo de reacción simple (detección de estímulos presentados uno a uno).

El Go no Go test tiene algunas limitantes, una de estas es que, no considera los tiempos de reacción. Si se incluyera esto, se deduce que mejoraría el número de aciertos y velocidad de respuesta y también, por otro lado, incrementaría el número de datos entregados en esta investigación con el fin de tener un detalle más exhaustivo de las consecuencias, tanto positivas como negativas, que tiene el consumo agudo de cafeína.

5.2 Prueba de equilibrio dinámico a través del estabilómetro

Los resultados obtenidos en este test reflejan que el consumo agudo de este compuesto genera en el organismo un efecto no beneficioso en este tipo de prueba de equilibrio dinámico ya que se pierde el control motor para movimientos controlados como es el caso de este test. Estos resultados concuerdan con los antecedentes vistos, ya que la cafeína al ser un componente activo del SNS produce un efecto negativo en el control motor relacionado con los movimientos precisos, ya que causa una hipersensibilidad motora, por ende, una pérdida de la habilidad motriz precisa, sobre todo si la prueba se realizó cuando los sujetos estaban en el umbral de los efectos que tiene este compuesto en el organismo (45 minutos después de ser ingerida).

Cabe destacar que los resultados del test del estabilómetro no concordaron con nuestra hipótesis inicial, ya que producto de la ingesta de cafeína se dice que mejora la actividad neuronal (SNC) durante la prueba, pero no necesariamente se produce una mejora en el rendimiento de la tarea ya que los resultados con el GR-CAF fueron notoriamente negativos en comparación al GR-PL.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

Como queda evidenciado en esta investigación, la cafeína es un compuesto que estimula el SNC, el SNS y también es un antagonista de los receptores específicos de adenosina, causando un retraso en la fatiga y el sueño, potenciando la vigilia y el estado de alerta.

Estas características junto con las señaladas en los capítulos anteriores ayudan a comprender los resultados de la investigación realizada y a concluir lo siguiente:

- **Go no Go Test:** Con respecto a esta prueba realizada, los resultados arrojaron que en dos de las tres pruebas realizadas, la cafeína tuvo un impacto beneficioso, por lo cual, se explica que en las actividades 2 y 3 existe un factor en común, que es la área visual, siendo esto un argumento a considerar para concluir que este compuesto si causa mejoras en el rendimiento cognitivo. Por otra parte, la actividad en la cual la cafeína no tiene beneficios ni tampoco causa efectos negativos en el rendimiento, también tiene como factor común la área visual de la corteza cerebral, pero, la predominancia es la área vocal, lo que da a entender y concluir que en tareas que tengan relación con palabras e interpretación de estas, el consumo agudo de cafeína no tiene efectos positivos ni negativos en el organismo.
- **Prueba de equilibrio dinámico:** este test tiene como principal función medir el equilibrio dinámico a través de la estabilidad, y para ello se necesita un control motor y concentración por sobre otros factores que influyen en el rendimiento. Al ver los resultados obtenidos en esta prueba se puede concluir que el consumo agudo de cafeína no mejora el rendimiento en pruebas de equilibrio dinámico, es decir, es compuesto afecta negativamente el control motor relacionado con movimientos precisos.

Esta investigación ha mostrado de principio a fin la relación y el impacto que tiene la cafeína en nuestro organismo y lo que causa este compuesto sobre funciones cognitivas, equilibrio dinámico y funciones ejecutivas, como es el control inhibitorio y flexibilidad mental.

Debido a lo anterior se puede concluir que los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, reflejan que el consumo agudo de cafeína tiene consecuencias tanto negativas como positivas, ya que la ingesta de este compuesto genera diversos beneficios en las labores cognitivas, como en tareas relacionadas con el área visual, pero en las actividades que tienen relación con equilibrio el resultado no es el mismo, como quedó demostrado en el test de equilibrio dinámico, este no tiene resultados favorables cuando existe presencia de cafeína, debido a la sobre estimulación del sistema nervioso simpático, potenciando el estado de alerta, retraso en la fatiga, como también aumento de la frecuencia cardiaca, ritmo cardiaco, cantidad de glucosa en sangre y “temblores” causados por efectos secundarios de este compuesto. La gran mayoría de estas características serían factores positivos si se realizaran labores que involucren motricidad gruesa, pero como este no es el caso, lo que ocasiona este compuesto es una pérdida en el control motor relacionado con movimientos precisos y por ende resultados negativos en este tipo de actividades.

BIBLIOGRAFIA

Brunyé, T. T., Mahoney, C. R., Lieberman, H. R., & Taylor, H. A. (2010). Caffeine modulates attention network function. *Brain and Cognition*, 72(2), 181–188. doi:10.1016/j.bandc.2009.07.013

Burke, L., Desbrow, B., & Spriet, L. (2013). *Caffeine for Sports Performance*. Human Kinetics.

Cafeína y rendimiento cognitivo. (n.d.). Retrieved from <http://www.cicas.es/noticias/cafeina-y-rendimiento-cognitivo-2>

Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in Brain Research*, 169, 323–338. doi:10.1016/S0079-6123(07)00020-9

Didáctica de la educación física: un enfoque constructivista. (1998). INDE.

Fisone, G., Borgkvist, A., & Usiello, A. (2004). Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action. *Cellular and Molecular Life Sciences: CMLS*, 61(7-8), 857–872. doi:10.1007/s00018-003-3269-3

Fredholm, B. B., Bättig, K., Holmén, J., Nehlig, A., & Zwartau, E. E. (1999). Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference to Factors That Contribute to Its Widespread Use. *Pharmacological Reviews*, 51(1), 83–133.

García Núñez, J. A., & Fernández Vidal, F. (2002). *Juego y psicomotricidad*. Madrid: Ciencias de la Educación Preescolar y Especial.

Guilmain, E., & Guilmain, G. (1981). *Evolución psicomotriz desde el nacimiento hasta los 12 años: (escalas y pruebas psicomotrices)*. Editorial Médica y Técnica.

Hurtado, P. V., & Carrizosa, M. V. (2002). *Los fundamentos teórico-didácticos de la educación física*. Ministerio de Educación.

James, J. E., & Rogers, P. J. (2005). Effects of caffeine on performance and mood: withdrawal reversal is the most plausible explanation. *Psychopharmacology*, 182(1), 1–8. doi:10.1007/s00213-005-0084-6

Jeroen A J Schmitt, & Martin P J van Boxtel. (2004). Age-Related Changes in the Effects of Coffee on Memory and Cognitive Performance. In *Coffee, Tea, Chocolate, and the Brain* (Vols. 1-0). CRC Press. Retrieved from <http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/9780203618851.ch6>

Ker, K., Edwards, P. J., Felix, L. M., Blackhall, K., & Roberts, I. (2010). Caffeine for the prevention of injuries and errors in shift workers. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (5), CD008508. doi:10.1002/14651858.CD008508

Lieberman, H. R. (2001). The effects of ginseng, ephedrine, and caffeine on cognitive performance, mood and energy. *Nutrition Reviews*, 59(4), 91–102.

Lorist, M. M., & Tops, M. (2003). Caffeine, fatigue, and cognition. *Brain and Cognition*, 53(1), 82–94.

Nehlig, A. (2004). *Coffee, Tea, Chocolate, and the Brain*. CRC Press.

Nehlig, A. (2010). Is caffeine a cognitive enhancer? *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, 20 Suppl 1, S85–94. doi:10.3233/JAD-2010-091315

Nehlig, A., Daval, J.-L., & Debry, G. (1992). Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews*, 17(2), 139–170. doi:10.1016/0165-0173(92)90012-B

Puig, A. A., & Vigué, G. P. i. (2011). *Psicofarmacología : de los mecanismos de acción a las estrategias terapéuticas*. Marge Books.

Quinlan, P. T., Lane, J., Moore, K. L., Aspen, J., Rycroft, J. A., & O'Brien, D. C. (2000). The acute physiological and mood effects of tea and coffee: the role of caffeine level. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, *66*(1), 19–28.

Raichle, M. E., Fiez, J. A., Videen, T. O., MacLeod, A. M., Pardo, J. V., Fox, P. T., & Petersen, S. E. (1994). Practice-related changes in human brain functional anatomy during nonmotor learning. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, *4*(1), 8–26.

Rogers, P. J. (2007). Caffeine, mood and mental performance in everyday life. *Nutrition Bulletin*, *32*, 84–89. doi:10.1111/j.1467-3010.2007.00607.x

Rogers, P. J., Martin, J., Smith, C., Heatherley, S. V., & Smit, H. J. (2003). Absence of reinforcing, mood and psychomotor performance effects of caffeine in habitual non-consumers of caffeine. *Psychopharmacology*, *167*(1), 54–62. doi:10.1007/s00213-002-1360-3

Ruijter, J., De Ruiter, M. B., & Snel, J. (2000). The effects of caffeine on visual selective attention to color: an ERP study. *Psychophysiology*, *37*(4), 427–439.

Ryan, L., Hatfield, C., & Hofstetter, M. (2002). Caffeine reduces time-of-day effects on memory performance in older adults. *Psychological Science*, *13*(1), 68–71.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). *Metodología de la investigación*. MacGraw-Hill/Interamericana.

Schmitt, J. A. J., Benton, D., & Kallus, K. W. (2005). General methodological considerations for the assessment of nutritional influences on human cognitive functions. *European Journal of Nutrition*, *44*(8), 459–464. doi:10.1007/s00394-005-0585-4

Smith, A. (2002). Effects of caffeine on human behavior. *Food and Chemical Toxicology*, *40*(9), 1243–1255. doi:10.1016/S0278-6915(02)00096-0

Smit, H. J., & Rogers, P. J. (2000). Effects of low doses of caffeine on cognitive performance, mood and thirst in low and higher caffeine consumers. *Psychopharmacology*, *152*(2), 167–173.

ANEXOS

GO NO GO Test														
Grupo Evaluado: AZÚL														
Sujeto 1			Sujeto 2			Sujeto 3			Sujeto 4			Sujeto 5		
Actividades			Actividades			Actividades			Actividades			Actividades		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	N	1
2	.	.	.	2	X	.	.	2	.	.	X	2	O	2
3	.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	.	3		3
4	.	X	.	4	.	.	X	4	.	X	X	4	E	4
5	.	.	.	5	.	.	X	5	.	.	.	5	V	5
6	.	.	.	6	.	.	.	6	.	.	.	6	A	6
7	.	.	.	7	.	.	.	7	.	.	.	7	L	7
8	.	.	.	8	X	.	X	8	.	.	.	8	U	8
9	.	.	.	9	.	.	.	9	.	.	.	9	A	9
10	.	.	X	10	.	.	.	10	.	.	.	10	D	10
11	.	.	.	11	.	.	.	11	.	.	.	11	O	11
12	.	.	.	12	.	.	.	12	.	.	.	12		12
13	.	.	.	13	.	.	.	13	.	.	.	13		13
14	.	.	.	14	.	.	.	14	.	X	.	14		14
15	.	.	.	15	.	.	.	15	.	.	X	15		15
16	.	.	.	16	.	.	.	16	.	.	.	16		16
17	.	.	.	17	.	.	.	17	.	.	.	17		17
18	.	.	.	18	.	X	.	18	.	.	.	18		18
19	.	.	.	19	.	.	.	19	.	.	.	19		19
20	.	.	.	20	.	.	.	20	.	.	.	20		20

Sujeto 6			Sujeto 7			Sujeto 8			Sujeto 9			Sujeto 10		
Actividades			Actividades			Actividades			Actividades			Actividades		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.
.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	.	2	.	X	.
.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	.
.	X	X	4	.	.	.	4	.	.	X	4	.	.	X
.	.	.	5	.	.	.	5	.	.	X	5	.	.	X
.	.	.	6	.	.	.	6	.	.	.	6	X	.	.
.	.	.	7	.	.	.	7	.	.	.	7	.	.	.
.	.	.	8	.	.	.	8	.	.	.	8	.	.	.
.	.	.	9	.	.	.	9	.	.	.	9	.	.	.
.	.	.	10	.	.	.	10	.	X	.	10	.	X	.
.	.	.	11	.	.	.	11	.	.	.	11	.	.	.
.	.	.	12	.	.	.	12	.	.	.	12	.	.	.
.	.	.	13	.	.	.	13	.	.	X	13	.	.	X
.	.	.	14	.	.	.	14	.	.	.	14	.	.	.
.	.	.	15	.	.	.	15	.	.	.	15	.	.	.
.	.	.	16	.	.	.	16	.	.	.	16	.	.	.
.	.	.	17	.	.	.	17	.	X	.	17	.	.	.
.	.	.	18	.	.	.	18	.	.	.	18	.	.	.
.	.	.	19	.	.	.	19	.	.	.	19	.	X	.
.	.	.	20	.	.	.	20	.	.	.	20	.	.	.

	sujeto 11			Sujeto 12			Sujeto 13			Sujeto 14			sujeto 15		
	Actividades			Actividades			Actividades			Actividades			Actividades		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	.	.	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.
2	.	.	.	2	.	.	2	.	.	2	.	.	2	.	.
3	.	.	.	3	.	X	3	.	.	3	.	X	3	.	.
4	.	.	.	4	.	X	4	.	X	4	.	X	4	.	X
5	.	.	.	5	.	.	5	.	.	5	.	.	5	.	.
6	.	.	.	6	.	.	6	.	.	6	X	.	6	.	.
7	.	X	.	7	.	.	7	.	.	7	X	X	7	.	.
8	.	.	.	8	.	.	8	.	.	8	.	.	8	.	.
9	.	.	.	9	.	X	9	.	.	9	.	.	9	.	.
10	.	.	.	10	.	.	10	.	.	10	.	.	10	.	.
11	.	.	.	11	.	.	11	.	.	11	.	.	11	.	.
12	.	.	.	12	.	.	12	.	.	12	.	.	12	.	.
13	.	.	.	13	.	X	13	.	.	13	.	.	13	.	.
14	.	.	.	14	.	.	14	.	.	14	.	.	14	.	.
15	.	.	X	15	.	.	15	.	.	15	.	.	15	.	.
16	.	.		16	.	.	16	.	.	16	.	.	16	.	.
17	.	.		17	.	.	17	.	.	17	.	.	17	.	.
18	.	.		18	.	.	18	.	.	18	.	.	18	.	.
19	.	.		19	.	.	19	.	.	19	.	.	19	.	.
20	.	.		20	.	.	20	.	.	20	.	.	20	.	.

Sujeto 16				Sujeto 17				Sujeto 18				Sujeto 19				Sujeto 20				Sujeto 21			
Actividades				Actividades																			
1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	
.	.	.	2	.	.	.	2				2	.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	.	
.	.	X	3	.	.	X	3				3	.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	.	
.	.	X	4	.	.	.	4				4	.	.	X	4	.	.	X	4	.	.	X	
.	.	X	5	.	.	.	5				5	.	.	.	5	.	.	.	5	.	.	.	
X	.	.	6	.	.	.	6				6	.	.	.	6	.	.	.	6	.	.	.	
.	.	.	7	.	X	.	7				7	.	.	.	7	.	.	.	7	.	X	.	
.	.	X	8	.	.	.	8				8	.	.	.	8	.	.	.	8	.	.	.	
.	.	.	9	.	.	.	9				9	.	.	.	9	.	.	X	9	.	.	X	
.	.	.	10	.	.	.	10				10	.	.	.	10	.	.	.	10	.	.	.	
.	.	.	11	.	.	.	11				11	.	.	.	11	.	.	X	11	.	.	.	
.	.	X	12	.	.	.	12				12	.	.	.	12	.	.	X	12	.	.	.	
.	.	X	13	.	.	.	13				13	.	.	X	13	.	.	.	13	.	.	X	
.	.	.	14	.	.	.	14				14	.	.	.	14	.	.	.	14	.	.	.	
.	.	.	15	.	.	X	15				15	.	.	X	15	.	.	X	15	.	.	.	
.	.	.	16	.	.	.	16				16	.	.	.	16	.	.	.	16	.	.	.	
.	.	.	17	.	.	.	17				17	.	.	.	17	.	.	.	17	.	.	.	
.	.	.	18	.	.	.	18				18	.	.	.	18	.	.	.	18	.	.	.	
.	.	.	19	.	.	.	19				19	.	.	.	19	.	.	.	19	.	.	.	
.	.	.	20	.	.	.	20				20	.	.	.	20	.	.	.	20	.	.	.	

Grupo Control AZUL	Sujeto	Glicemia Post	Glicemia Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	Fc Pre	Fc Post	Estabilo metro (seg)
2	69	66	21	71.6	154	78	75	11.05
3	96	83	27	107.9	183	80	73	7.65
4	68	72	29	62.5	162	85	74	11.59
5	68	-	22	65.3	162	90	-	10.91
6	50	48	19	64.8	153	102	103	lesion
7	87	75	21	68.5	163	105	69	6.12
8	65	76	20	79.9	157	75	72	6.83
9	74	76	24	71	164	70	79	8.08
10	50		28	72.1	171	74	61	5.22
11	68		27	62	173	73	81	10.51
12	69		19	68.1	173	73	90	6.54
13	94		23	65.3	167	72	67	15.75
14	56		25	51.9	155	73	84	12.22
15	67		21	71.1	168	74	83	7.71
16	86		25	54.2	152	71	78	9.77
17			-	62.9	170	72	93	12.69
18			31	65.3	163	58	58	8.08
19				81	183	62	61	5.6
20				52	165	80	93	7.78
21				106.3	179	72	68	6.32

Grupo Control Rojo	Sujeto	Glicemia PRE	Glicemia POST	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	Fc Pre	Fc Post	Estabilometro (seg)
	1	80	65	19	60.5	149	81	70	4.59
	2	69	61	21	61.2	164	79	88	6.58
	3	87	88	26	84.6	175	59	66	8.52
	4	82	88	20	50.4	151	59	70	17.18
	5	70	75	21	79	178	70	-	17.75
	6	73	80	20	69.1	167	83	76	5.73
	7	68	61	19	65.5	163	52	63	11.65
	8	65	69	19	69	176	80	70	5.23
	9	68	75	33	65	171	75	80	5.07
	10	76		27	75.4	177	74	65	7.82
	11	76		21	77.8	165	79	71	4.48
	12	65		22	57.7	162	78	75	7.4
	13	69		23	73.3	169	80	-	12.79
	14	75		25	87.2	182	65	-	6.19
	15	79		19	79.2	174	73	87	15.4
	16	65		20	61.1	165	71	85	19.15
	17			24	81.8	177	70	74	6.83
	18			25	78.3	174	60	66	6.19
	19			22	74.5	182	70	70	6.69
	20			21	59.9	167	-	73	10.12



Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

EFFECTO AGUDO DEL CONSUMO DE CAFEÍNA SOBRE CONTROL INHIBITORIO, FLEXIBILIDAD MENTAL Y EQUILIBRIO DINÁMICO EN SUJETOS FISICAMENTE ACTIVOS.

El objetivo del presente documento es solicitar el consentimiento informado de los participantes de esta investigación, proporcionando una explicación clara y transparente del proceso de evaluación.

La presente investigación es conducida por Ignacio Acevedo, Álvaro Cifuentes, Sebastián Delgado y Eduardo Pincheira, estudiantes de la carrera de Pedagogía en Educación Física de la Universidad Andrés Bello.

El objetivo de este estudio es “Determinar el efecto agudo de la administración de cafeína sobre control inhibitorio, flexibilidad mental y equilibrio dinámico sujetos físicamente activos”.

La importancia y motivación de realizar un estudio sobre la administración de nuevos conocimientos sobre el posible impacto que pudiese tener esta sustancia sobre control inhibitorio, flexibilidad mental y equilibrio dinámico.

El diseño de investigación contempla la formación de dos grupos, uno de control y otro experimental, a los cuales se le suministrará talco, sustancia inocua para el

organismo, y cafeína, respectivamente. Luego de esto, los sujetos serán sometidos a variados test.

Si usted accede a participar en este estudio, se le suministrarán 6 mg x kg⁻¹ peso corporal o talco (placebo), a través de una cápsula. Después de 1 hora aproximadamente, será sometido a la realización del Go no Go test y prueba de equilibrio dinámico a través de estabilómetro.

Protocolo del test:

- El sujeto evaluado, antes de la ingesta de la capsula, se le medirá la glicemia, frecuencia cardiaca, peso y talla.
- 1 hora después aproximadamente, volverá se volverá a medir lo nombrado anteriormente, después de ello, será sometido a los test ya nombrados.

Su participación en este estudio es de carácter absolutamente voluntario y la información que se recoja será confidencial y utilizada exclusivamente para fines académicos. Toda la información personal entregada por los voluntarios, sólo será utilizada para tabular los antecedentes generales y evitar de dicha forma la repetición de los mismos.

Nombre	
Edad (años)	
Peso (kg)	
Altura (cm)	
Rut	

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar en esta investigación de manera voluntaria y anónima.

Firma del Participante: _____

Fecha: _____