

SEGURIDAD Y EFECTOS ANABÓLICOS DEL USO DE ECDISTERONA ENFOCADOS EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y DEL DEPORTE**

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



Realizado por: Javier Ponce Moreda.

Grupo matriculado TFG: M41.

Año Académico: 2023-2024.

Tutor/a: Maria Rosa Bielsa Hierro.

Área: Revisión bibliográfica.

Resumen

La ecdisterona es la hormona presente en artrópodos encargada de la maduración, reproducción y metamorfosis del animal durante su proceso de desarrollo. Además, está presente en el 5-6 % de las plantas y se comercializa libremente en la actualidad prometiendo numerosos beneficios anabólicos.

En esta revisión sistemática se pretenden conocer y detallar los efectos anabólicos relacionados con el rendimiento deportivo que esta sustancia promete, así como estudiar su posible perfil de seguridad o toxicidad para el ser humano. Para ello, se analizan a continuación seis artículos, los cuales, mediante análisis de orina y sangre, parámetros para evaluar crecimiento y fuerza muscular, test y valoraciones del perfil farmacocinético tratarán de dar respuesta a las incógnitas planteadas anteriormente.

Los resultados obtenidos sugieren un potente efecto anabólico de la sustancia actuando sobre todo en el crecimiento muscular, acompañado de mejoras en el rendimiento que derivan de un aumento de la fuerza muscular. Además, muestran un perfil seguro de la sustancia y no encuentran efectos secundarios derivados de su consumo. Sin embargo, no hay evidencia científica suficiente en seres humanos como para poder afirmar todos estos hallazgos con total seguridad.

Por esta razón, se entiende que resulta necesario un aumento de las investigaciones sobre el uso de la ecdisterona en humanos no solo con el objetivo de postular la sustancia como un agente anabólico prohibido en el deporte, si no como posible tratamiento de enfermedades relacionadas con la pérdida de masa muscular en el futuro.

Abstract

Ecdysterone is the hormone found in arthropods responsible for the maturation, reproduction, and metamorphosis of the animal during its developmental process. Additionally, it is present in 5-6% of plants and is currently freely marketed promising numerous anabolic benefits among others.

This literature review aims to understand and detail, if possible, the anabolic effects related to sports performance that these substances promise, as well as to study their potential safety or toxicity profile for humans. Six articles are analyzed, which, through urine and blood analysis, parameters to evaluate muscle growth and strength, tests, and pharmacokinetic profile assessments will attempt to answer the previously raised questions.

The results obtained suggest a potent anabolic effect of the substance, primarily acting on muscle growth, accompanied by improvements in performance resulting from increased muscular strength. Additionally, they demonstrate a safe profile of the substance and do not find any side effects derived from its consumption. However, there is not enough scientific evidence in humans to affirm all these findings with absolute certainty.

For this reason, it is understood that an increase in research on the use of ecdysterone in humans is necessary not only with the aim of proposing the substance as a banned anabolic agent in sports but also as a possible treatment for diseases related to muscle loss in the future.

Índice

1. Introducción	6
1.1 Ecdisteroides y deporte.....	6
1.2 Ecdisteroides, qué son exactamente	6
1.3 Ecdisteroides en la actualidad: Seguridad y efectos anabólicos.....	7
2. Objetivos.....	9
2.1 Objetivo principal	9
2.2 Objetivos secundarios:.....	9
3. Metodología	10
3.1 Diseño.....	10
3.2 Estrategia de búsqueda	10
3.3 Criterios de selección.....	10
3.4 Diagrama de flujo.....	11
4. Discusión	12
4.1 Efectos anabólicos	12
4.2 Seguridad del compuesto.....	16
5. Futuras líneas de investigación	17
6. Conclusiones	19
7. Referencias bibliográficas.....	21
8. Anexos.....	24
8.1 Cuadro resumen artículos empleados	24

Índice de figuras

Figura 1. Ecdisterona.	7
Figura 2. Diagrama de flujo	11
Figura 3. Efectos de la ecdisterona en la velocidad máxima de ratones.....	13
Figura 4. Efectos de la ecdisterona en el tamaño de fibras musculares.....	14
Figura 5. Diseño de la investigación y procedimiento.....	15

Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro resumen artículos empleados	24
---	----

1. Introducción

1.1 Ecdisteroides y deporte

El fitoecdisteroide más conocido, la ecdisterona (conocida por ser el secreto ruso) ya se sospechaba que era utilizada alrededor de los años 80 por atletas olímpicos. Antiguamente ya se sospechaba de un posible efecto anabólico gracias a su consumo prometiendo mejorar la masa muscular, fuerza, reducir la fatiga y facilitar la recuperación (Isenmann et al., 2019).

Actualmente no se considera una sustancia dopante y se permite su uso en cualquier tipo de deporte, sin embargo, la WADA (Agencia Mundial Antidopaje) monitoriza esta sustancia desde 2020.

1.2 Ecdisteroides, qué son exactamente

Los ecdisteroides son las hormonas esteroideas de los artrópodos, gracias a eso regulan la muda, la reproducción, la metamorfosis y la diapausa (Kotsiuruba et al., 1995). Además, este compuesto está presente en el 5-6% de las plantas y el tipo de ecdisteroide más abundante y conocido es el 20-Hidroxiecdisona (Figura 1) (Dinan & Lafont., 2006).

El primer ecdisteroide (ecdisona) se aisló e identificó por primera vez en 1965 (Huber & Hoppe., 1965). Es por ello que las investigaciones sobre esta sustancia se han quedado atrás en comparación con otras hormonas esteroideas a pesar de que más del 90% de las especies animales dependen de los ecdisteroides (Dinan & Lafont., 2006).

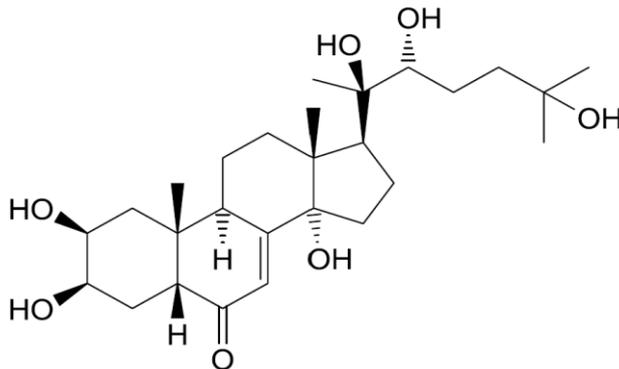
En los artrópodos, como se menciona anteriormente, los ecdisteroides actúan favoreciendo el desarrollo adulto del animal, metamorfosis, reproducción o desarrollo del embrión, entre otros.

En las plantas, hay dos hipótesis principales que discuten la función de la hormona en el mundo vegetal. La primera hipótesis, con menos evidencia, defiende que ocurre

como en el mundo animal y simplemente tiene un rol hormonal en la planta. Por otro lado, la segunda hipótesis explica que participa en la defensa de la planta contra invertebrados fitófagos no adaptados (Dinan, 2003).

Figura 1.

Estructura química de la ecdisterona



1.3 Ecdisteroides en la actualidad: Seguridad y efectos anabólicos.

Los ecdisteroides aparentemente no son tóxicos para los mamíferos y se les atribuye una amplia gama de beneficios farmacológicos, como ser anabólicos, adaptógenos, antidiabéticos, hepatoprotectores, inmunoprotectores, cicatrizantes y quizás incluso anti-tumorales. Teniendo en cuenta el reciente auge alrededor de la suplementación deportiva y la amplia disponibilidad de la sustancia debido a su presencia en plantas, actualmente existen gran cantidad de suplementos que contienen ecdisterona dirigidos a todo tipo deportistas (Dinan, 2009).

Parr et al. (2015) explican la ruta metabólica de los ecdisteroides. Los autores detallan que los efectos que los ecdisteroides tienen sobre los artrópodos no los podrían tener en los mamíferos, ya que carecen de complejos receptores nucleares. La ecdisterona se uniría a los receptores estrogénicos tipo beta, que parecen ser los responsables de los efectos anabólicos que tienen los estrógenos en el ser humano. Por otro lado, existe otro subtipo de receptor estrogénico, el alfa, el que es el responsable de muchos de los efectos secundarios de otro tipo de sustancias dopantes como los esteroides anabólicos (Gorelick-Feldman et al., 2008). Por lo que aparentemente, el consumo de

ecdisterona sería seguro y no produciría cambios en el eje hormonal humano ni presentaría efectos secundarios demostrados.

Se han reportado numerosos estudios sobre los posibles efectos en el crecimiento muscular en varias especies animales (ratas, ratones, codornices japonesas y ganado) y algunas en humanos (Bathori et al, 2008; Gorelick-Feldman et al, 2008; Kumpun et al.,2011; M McBride, 2013) entre otros.

Sin embargo, la suplementación con ecdisterona para mejorar el rendimiento todavía no ha sido ampliamente investigada en humanos. De hecho, hay rumores sobre el uso de ecdisterona en atletas, pero únicamente pocos estudios demuestran su mejora en el rendimiento (Isenmann et al., 2019).

2. Objetivos

2.1 Objetivo principal

Realizar una revisión sistemática acerca de la seguridad y los posibles efectos anabólicos del uso de la sustancia ecdisterona. Todo ello con el fin de entender y sacar conclusiones sobre sus posibles efectos sobre el rendimiento deportivo.

2.2 Objetivos secundarios:

Conocer las rutas metabólicas de la sustancia y su excreción en el cuerpo humano.

Entender posibles dosis efectivas de la sustancia para mejorar el rendimiento deportivo del atleta.

Ampliar el conocimiento acerca de esta sustancia y plantar las bases necesarias con la información recopilada con el fin de realizar un proyecto de investigación en el futuro.

3. Metodología

3.1 Diseño

Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos de la biblioteca Crai Dulce Chacón de la Universidad Europea con el objetivo de indagar sobre la seguridad y los efectos anabólicos del uso de la Ecdisterona o 20-Hidroxyecdisona.

3.2 Estrategia de búsqueda

En primer lugar, se revisaron un total de tres bases de datos: MEDLINE Complete, SportDiscus y PubMed.

La ecuación de búsqueda utilizada fue: ((Ecdysterone OR ecdysteroids OR 20-hidroxyecdysone) AND (safety OR danger OR risks) AND (anabolic OR sports performance) NOT patient NOT animals). (Figura 2).

En la búsqueda se incluyeron todos los artículos que tuvieran las siguientes palabras clave: Ecdisterona, ecdisteroides o 20-Hidroxyecdisona, seguridad o peligro o riesgos y rendimiento deportivo o anabolismo.

3.3 Criterios de selección

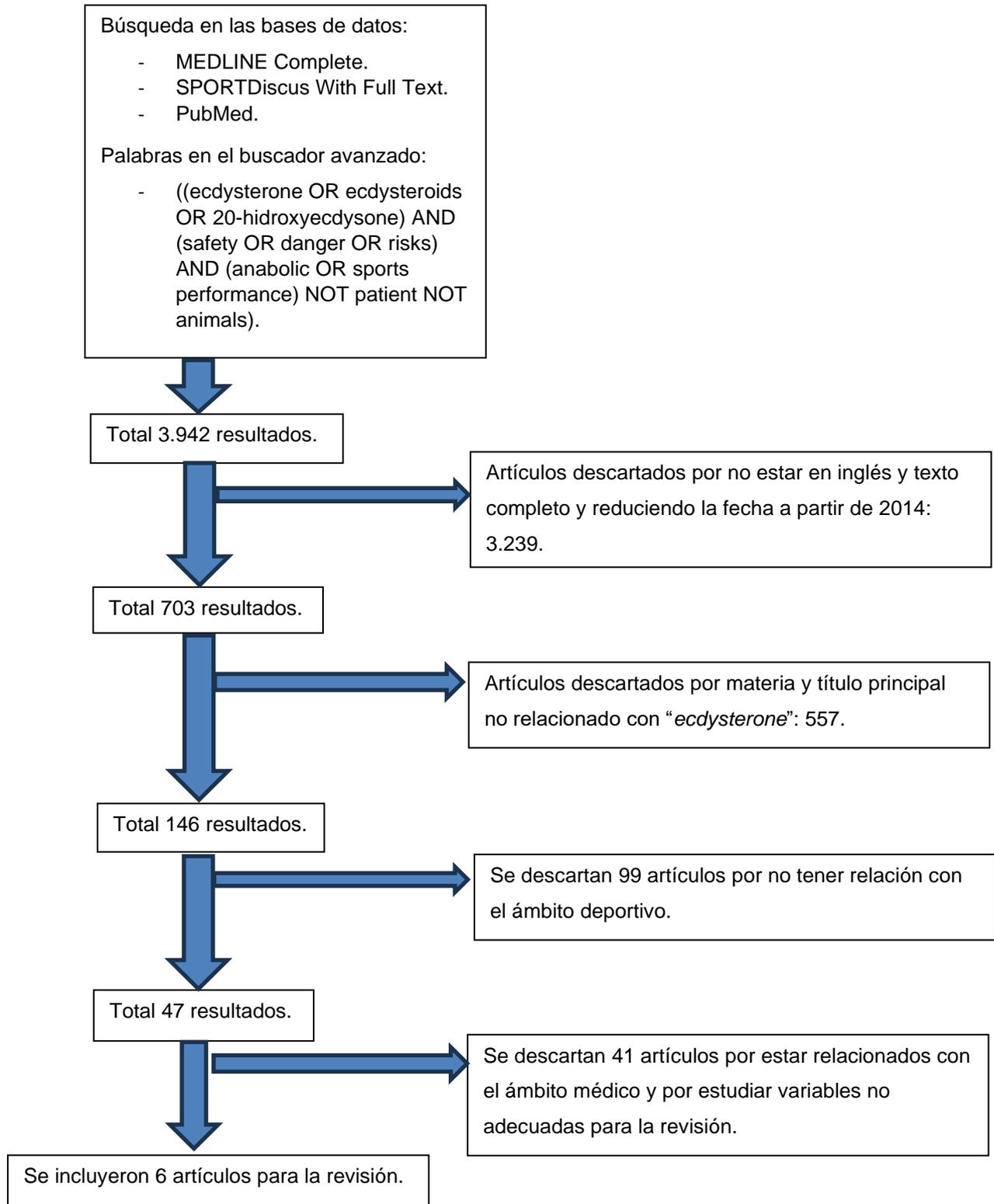
Los artículos elegidos debían ser a texto completo, estar relacionados con la hormona ecdisterona y debían tener una antigüedad de no más de 10 años.

En la búsqueda se utilizó el filtrado de artículos con inglés como idioma principal, que se tratasen de publicaciones académicas enfocadas en pruebas y resultados en seres humanos o animales humanizados y cumpliesen con los objetivos iniciales propuestos.

3.4 Diagrama de flujo

Figura 2

Diagrama de flujo.



4. Discusión

En este apartado se van a analizar y comparar los resultados obtenidos en los distintos estudios incluidos en esta revisión sistemática. Para ello, en primer lugar se abordará todo lo relacionado con la suplementación de ecdisterona y sus posibles efectos anabólicos enfocados al rendimiento deportivo y posteriormente se analizarán y compararán los distintos artículos que traten la seguridad o posible toxicidad del uso de este compuesto en función de las dosis y tiempo empleado.

4.1 Efectos anabólicos

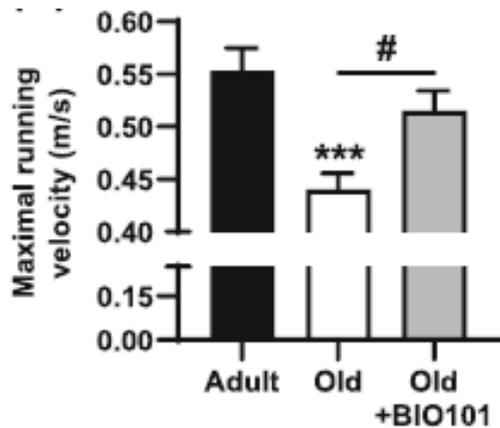
En la totalidad de los estudios presentes en esta revisión sistemática se repiten las mismas conclusiones al mostrar que la ecdisterona tiene potencial para aumentar el tamaño de las fibras musculares y el peso corporal en comparación a los grupos control o placebo. La mayoría de ellos detallan un aumento del diámetro de los miofibros musculares favoreciendo así la ganancia de masa muscular.

En cuanto al rendimiento deportivo, en los estudios de Isenmann et al. (2019) y Parr et al. (2014) se analizaron variables relacionadas con el rendimiento deportivo (1RM en Press de banca y velocidad máxima de carrera) tanto en humanos y ratones. En ambos estudios se alcanzaron valores más altos en los grupos que se suplementaron con ecdisterona. A continuación se detallan a fondo los resultados obtenidos por los distintos estudios analizados.

En el estudio de Serova et al. (2023) se confirmaron efectos anabólicos gracias al uso de 50mg/kg/día de ecdisterona en ratones adultos y ancianos. En primer lugar, se demostró que el tratamiento con ecdisterona aumentó el diámetro de miofibros musculares un 26% más que el grupo placebo. Además, se demostró que aumentó la fosforilación de AMPK y acetil-CoA carboxilasa (ACC) sugiriendo efectos sobre el metabolismo energético. AMPK fosforila ACC e inhibe su actividad lo que estimula la oxidación de ácidos grasos. Además, el uso de ecdisterona mejoró el rendimiento físico tanto en ratones adultos como en ancianos, se mejoró la distancia y la velocidad máxima de carrera (Figura 3).

Figura 3

Efectos de la ecdisterona (BIO101) en la velocidad máxima en carrera en ratones ancianos en comparación a adultos y ancianos sin suplementar.

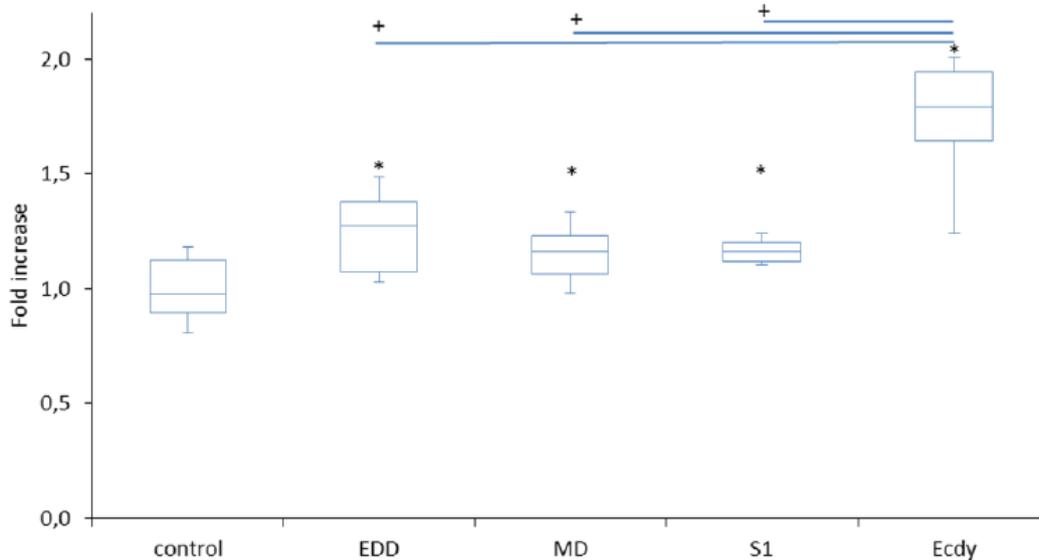


Por otro lado, Parr et al. (2014) confirmaron los efectos anabólicos de la ecdisterona en un estudio en ratones suplementándoles con 5mg/kg una vez al día durante 21 días. Se compararon los efectos de la ecdisterona con el grupo control y con esteroides anabólicos androgénicos prohibidos por la Agencia Mundial Antidopaje como el Estradiol, Dianabol o SARMS. Los resultados obtenidos fueron un aumento del diámetro de miotubos musculares en comparación con el grupo control y un significativo aumento en el tamaño de las fibras del músculo sóleo con el tratamiento de ecdisterona en comparación al resto de ratas tratadas con esteroides anabólicos (Figura 4).

Por otro lado, el estudio apoya el mecanismo no androgénico de la ecdisterona y su unión a otros receptores que no afectan en absoluto el eje hormonal humano, a diferencia de los esteroides anabólicos androgénicos conocidos. Debido a esto, los autores del artículo sugieren la inclusión de la ecdisterona en la lista de sustancias dopantes debido a su alto potencial anabólico e influyente sobre el rendimiento deportivo.

Figura 4

Efectos anabólicos de ecdisterona (Ecdy) expresado en tamaño de las fibras musculares del sóleo en comparación con esteroides anabólicos androgénicos como estradiol (EDD), dianabol (MD), SARMS (S1) y grupo control.

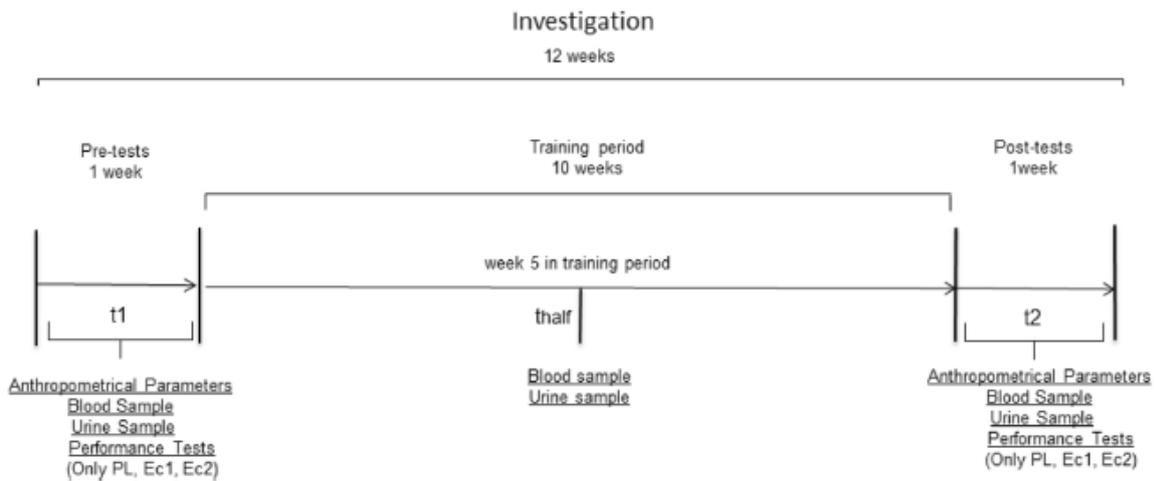


En otro de los estudios analizados, Iseemann et al. (2019) confirmaron los efectos anabólicos del uso de la ecdisterona en humanos. Para ello se administraron diferentes dosis de ecdisterona (200 y 800 mg diarios) a 46 hombres sanos combinado con entrenamientos de fuerza durante 10 semanas (Figura 5). Se realizaron mediciones pre y post de análisis de orina y sangre y potenciales biomarcadores de rendimiento. Además, se controlaron los análisis en busca de otras sustancias anabólicas y se analizó la dosis suministrada para evitar contaminaciones con otras sustancias dopantes. Los resultados obtenidos fueron un mayor aumento de la masa muscular y fuerza en los grupos que se suplementaron con ecdisterona en comparación a los grupos placebo y control (1RM en Press Banca y Sentadilla) y no hubo cambios significativos en cuanto a la masa grasa. Se analizó el suplemento en el laboratorio y se descubrió que únicamente contenía 9 mg de ecdisterona por cápsula. Por otro lado, los análisis de sangre, orina y perfil hormonal no atribuyeron efectos secundarios al uso de ecdisterona y no presentaron cambios significativos. Además, no se encontraron signos de toxicidad en el hígado o riñones después del análisis de varios biomarcadores.

Por último, los autores del estudio sugieren la inclusión de la ecdisterona en la lista de sustancias prohibidas por la Agencia Mundial Antidopaje como “otros agentes anabólicos”.

Figura 5

Diseño de la investigación y procedimiento.



A continuación, se comparan los resultados de distintos estudios analizando la posible toxicidad y seguridad de la suplementación de ecdisterona en humanos principalmente.

Dioh et al. (2023) suministraron a 16 adultos jóvenes dosis desde 100 a 1400 mg de ecdisterona, a 8 adultos mayores de 65 años 1400 mg. A otros 10 adultos mayores se les administró dosis ascendentes de 350, 700 y 900 mg de ecdisterona diarios. Los resultados obtenidos fueron: Perfil seguro en dosis de 350 mg diarios, 350 mg dos veces al día y 450 mg dos veces al día tanto en adultos jóvenes como mayores, sin eventos adversos graves y con muy pocos leves o moderados relacionados con problemas digestivos únicamente. Además, observaron que la suplementación con ecdisterona llevó a una tendencia de aumento del nivel plasmático de PIIINP

(Propéptido N-terminal del procolágeno tipo II humano) en 0.230, 0.247 y 0.614 µg/L, a 350 mg una vez al día y 350 mg dos veces al día y 450 mg dos veces al día, respectivamente. El aumento en los niveles de PIIINP se sabe que está asociado con aumentos en la masa corporal magra y la masa esquelética en los ancianos.

4.2 Seguridad del compuesto

En la totalidad de los estudios seleccionados y comparados se demuestra la seguridad de la ecdisterona durante todo el proceso de investigación. No se detectan efectos secundarios en ninguno de los estudios más allá de problemas intestinales reportados por) Dioh et al. (2023) en los sujetos que recibieron dosis más altas (800mg).

En el estudio de Borrione et al. (2014) no hubo signos de toxicidad ni daño a ningún órgano de los 52 sujetos estudiados (23 consumían suplementos derivados de plantas y 30 sujetos fueron el grupo control). Sin embargo, el perfil hormonal sexual sufrió alteraciones en el 65% de los sujetos que se suplementaron mientras que no hubo cambios en el grupo control. 10 hombres tuvieron niveles más altos de progesterona y 5 sujetos tuvieron un aumento de sus niveles de estrógenos. Todos los sujetos con valores alterados hormonales se sometieron a exámenes exhaustivos que revelaron ausencia de cualquier tipo de enfermedad relacionada. El estudio combinaba distintos suplementos entre los cuales se incluyó la soja, lo cual podría influir negativamente en los resultados obtenidos.

Ambrossio et al. (2021) estudiaron la excreción y metabolización en el cuerpo humano de la ecdisterona después de una única dosis de 50 mg de sustancia en 12 voluntarios. Estudiaron la farmacocinética de la sustancia y su excreción concordando con el estudio de Dioh et al. (2023) respecto a su perfil seguro. Además, detectaron niveles de ecdisterona en orina incluso más de 2 días después de su ingesta, por lo que, de ser incluida dentro de sustancias prohibidas por la Agencia Mundial Antidopaje, se podría detectar en test hasta 3 días después.

5. Futuras líneas de investigación

Una vez estudiado el tema detalladamente, aparecen cuestiones que o no se han podido responder de forma contundente o directamente no han sido respondidas debido a la falta de evidencia científica. Al tratarse de una sustancia poco investigada y con falta de evidencia científica, se abre un inmenso abanico de áreas de investigación interesantes después de los resultados que se mencionan en la discusión.

La mayoría de los estudios sugieren ampliar las investigaciones sobre esta sustancia, destacando su posible potencial anabólico enfocado tanto en el rendimiento deportivo como en el tratamiento de enfermedades. Todo ello gracias a su incidencia en la cantidad y calidad de la masa muscular, ayudando así a la mejora del rendimiento deportivo gracias a un aumento potencial de la fuerza, necesaria en la totalidad de los deportes en menor o mayor medida. Es por esta razón por la que se sugiere su inclusión como sustancia dopante.

Tras analizar la evidencia científica encontrada, se sugiere más investigación acerca de los efectos anabólicos de la ecdisterona en seres humanos. A pesar de toda la evidencia a favor en ratones y algún estudio en personas, es necesario ampliar el área de investigación en humanos para aclarar finalmente sus potenciales efectos anabólicos y su relación con el rendimiento deportivo.

Por otro lado, es necesaria la investigación centrada en el análisis de los suplementos que se comercializan, evitando así fraudes y ventas de suplementos que contienen menos cantidad de compuesto como se ha observado y detallado anteriormente.

Además, debido a la seguridad del uso de ecdisterona demostrada en prácticamente la totalidad de los artículos seleccionados, se recomienda investigar la sustancia en el mundo farmacológico y como ayuda frente al tratamiento de enfermedades, tales como la sarcopenia, osteoporosis y cualquier desorden muscular detectado.

Por último, es necesaria una mayor investigación acerca de la seguridad y sus posibles efectos secundarios para dar finalmente una respuesta e incluir o no definitivamente la ecdisterona como sustancia prohibida por la Agencia Mundial Antidopaje.

6. Conclusiones

La ecdisterona parece ser una sustancia anabólica según la mayoría de los artículos analizados. Aumenta el diámetro de las fibras musculares como el número de las mismas. Todo ello tiene una relación directa con el rendimiento deportivo, demostrando en artículos su influencia positiva en marcadores de rendimiento de fuerza o velocidad como 1RM en press de banca o sentadilla y valores de velocidad máxima alcanzada.

Por otro lado, en cuanto a su seguridad y toxicidad en órganos como el hígado o riñones, no parece ser peligrosa tanto en su consumo en humanos como en los estudios en ratas humanizadas. No parece tener signos de toxicidad ni daño funcional de ningún tipo. Sin embargo, todos los estudios se centran en corto y medio plazo, por lo que cabría la posibilidad de detectar a largo plazo algún efecto secundario aun por investigar.

A pesar de todo esto, la totalidad de estudios niega su unión a los receptores androgénicos, por lo que no debería suponer ningún problema a nivel hormonal. Es por ello que se necesita mayor evidencia científica para sacar una conclusión definitiva.

La ecdisterona podría resultar verdaderamente útil como fármaco para tratar enfermedades relacionadas con la pérdida de la masa muscular gracias a sus efectos anabólicos y carente, por el momento, de efectos secundarios demostrados.

Por otro lado, pocos suplementos analizados cumplen con las dosis prometidas de ecdisterona en su receta. De hecho, la gran mayoría tienen dosis pequeñas de esta, por lo que no se pueden sacar conclusiones sobre las dosis recomendadas, tan solo orientaciones. 300-500 mg de ecdisterona diarias en función del peso corporal parecen ser las recomendadas. En la mayoría de los estudios se suministran de 3 a 6 miligramos de sustancia por kilogramo de peso corporal.

Por otro lado, se requiere de mayor investigación científica enfocada en seres humanos para resolver las incógnitas planteadas, ya muchos de los estudios analizados los protagonizan animales o tejidos in vitro. Es por esta razón por la que la WADA continúa investigando esta sustancia, la falta de evidencia científica en humanos está alargando el proceso.

En definitiva, la ecdisterona es una sustancia que promete efectos anabólicos y aparentemente segura después de los estudios analizados en esta revisión sistemática. Sin embargo, aún no se tiene la suficiente evidencia científica en humanos como para confirmarlo con total seguridad.

7. Referencias bibliográficas

- Ambrosio, G., Yuliandra, T., Wuest, B., Mazzarino, M., De la Torre, X., Botrè, F., Diel, P., Isenmann, E., & Parr, M. K. (2021). Urinary Elimination of Ecdysterone and Its Metabolites Following a Single-Dose Administration in Humans. *Metabolites*, 11(6), 366. <https://doi.org/10.3390/metabo11060366>
- Bathori, M., Tóth, N., Hunyadi, A., Márki, Á., & Zádor, E. (2008). Phytoecdysteroids and Anabolic-Androgenic Steroids - Structure and Effects on Humans. *Current Medicinal Chemistry*, 15(1), 75-91.
<https://doi.org/10.2174/092986708783330674>
- Borrione, P., Rizzo, M., Quaranta, F., Ciminelli, E., Fagnani, F., Parisi, A., & Pigozzi, F. (2014). Consumption and biochemical impact of commercially available plant-derived nutritional supplements. An observational pilot-study on recreational athletes. *Journal Of The International Society Of Sports Nutrition*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-28>.
- Dioh, W., Tourette, C., Del Signore, S., Daudigny, L., Dupont, P., Balducci, C., Dilda, P. J., Lafont, R., & Veillet, S. (2023). A Phase 1 study for safety and pharmacokinetics of BIO101 (20-hydroxyecdysone) in healthy young and older adults. *Journal Of Cachexia, Sarcopenia And Muscle*, 14(3), 1259-1273.
<https://doi.org/10.1002/jcsm.13195>
- Dinan, L. (2003). Ecdysteroid Structure-Activity Relationships. *Studies in natural products chemistry*, (3-71). [https://doi.org/10.1016/s1572-5995\(03\)80004-2](https://doi.org/10.1016/s1572-5995(03)80004-2)
- Dinan, L. (2009). The Karlson Lecture. Phytoecdysteroids: ¿What use are they? *Archives Of Insect Biochemistry And Physiology*, 72(3), 126-141.
<https://doi.org/10.1002/arch.20334>

- Dinan, L., & Lafont, R. (2006). Effects and applications of arthropod steroid hormones (ecdysteroids) in mammals. *Journal Of Endocrinology*, 191(1), 1-8. <https://doi.org/10.1677/joe.1.06900>
- Gorelick-Feldman, J., MacLean, D. B., Ilić, N., Poulev, A., Lila, M. A., Cheng, D. M., & Raskin, I. (2008). Phytoecdysteroids Increase Protein Synthesis in Skeletal Muscle Cells. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 56(10), 3532-3537. <https://doi.org/10.1021/jf073059z>
- Huber, R., & Hoppe, W. (1965). Zur Chemie des Ecdysons, VII: Die Kristall- und Molekülstrukturanalyse des Insektenverpuppungshormons Ecdyson mit der automatisierten Faltmolekülmethode. *Chemische Berichte*, 98(7), 2403-2424. <https://doi.org/10.1002/cber.19650980744>
- Isenmann, E., Ambrosio, G., Joseph, J. F., Mazzarino, M., De la Torre, X., Zimmer, P., Kazlauskas, R., Goebel, C., Botrè, F., Diel, P., & Parr, M. K. (2019). Ecdysteroids as non-conventional anabolic agent: performance enhancement by ecdysterone supplementation in humans. *Archives Of Toxicology*, 93(7), 1807-1816. <https://doi.org/10.1007/s00204-019-02490-x>
- Kotsiuruba, A. V., Bukhanevich, O. M., Tuhanova, A. V., & Tarakanov, S. S. (1995). Mechanisms of the early effect of biologically active hydroxysterols: calcitriol and ecdysterone. Modulation of intracellular pools of arachidonic acid and products of its oxidative metabolism. *PubMed*, 67(2), 45-52. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8592785>
- Kumpun, S., Girault, J., Dinan, L., Blais, C., Maria, A., Dauphin-Villemant, C., Yingyongnarongkul, B. E., Suksamrarn, A., & Lafont, R. (2011). The metabolism of 20-hydroxyecdysone in mice: Relevance to pharmacological effects and gene

switch applications of ecdysteroids. *Journal Of Steroid Biochemistry And Molecular Biology* 126(1-2), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2011.03.016>

McBride, MJ. (2013) Phytoecdysteroids: a novel, non-androgenic alternative for muscle health and performance. *J Steroids Horm Sci* 12(01), 10-12.

<https://doi.org/10.4172/2157-7536.s12-e001>

Parr, M. K., Botrè, F., Naß, A., Hengevoß, J., Diel, P., & Wolber, G. (2014). Ecdysteroids: A novel class of anabolic agents? *Biology Of Sport*, 32(2), 169-173. <https://doi.org/10.5604/20831862.1144420>

Serova, M., Didry-Barca, B., Deloux, R., Foucault, A., Veillet, S., Lafont, R., Dilda, P. J., & Latil, M. (2023). BIO101 stimulates myoblast differentiation and improves muscle function in adult and old mice. *Journal Of Cachexia, Sarcopenia And Muscle*, 15(1), 55-66. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13326>

8. Anexos

8.1 Cuadro resumen artículos empleados

Tabla 1

Tabla resumen de artículos.

AUTORES Y AÑO	OBJETIVO	MUESTRA	VARIABLES	MÉTODO	RESULTADOS
Ambrosio et al. (2021).	Investigar y estudiar la toxicidad y farmacocinética de la ecdisterona en seres humanos.	7 mujeres y 5 hombres con una media de 26 años.	Perfil de excreción y parámetros farmacocinéticos de la ecdisterona.	Dosis de 50 mg de ecdisterona durante cinco días.	La ecdisterona y la 14-desoxiecdisterona se excretaron siguiendo cinética de primer orden mientras la 14-desoxipoststerona requiere estudios adicionales.
Borrione et al. (2014).	Evaluar la posible toxicidad de suplementos derivados de plantas.	740 sujetos entrenados.	Análisis de sangre y orina para detectar toxicidad y perfil hormonal. Perfil farmacocinético.	6 meses de entrenamiento a sujetos consumiendo extractos de plantas incluyendo ecdisterona	Alteraciones hormonales significativas en hombres y mujeres.
Dioh et al. (2023)	Evaluar la seguridad, toxicidad y farmacocinética de la ecdisterona y sus efectos.	54 sujetos. 24 entre 18-55 años y 30 entre 65-85 años.	Biomarcadores de plasma y parámetros farmacocinéticos.	Dosis ascendente única de BIO101 seguida de una dosis ascendente múltiple durante 14 días.	Buen perfil de seguridad con eventos adversos leves a moderados y un perfil farmacocinético satisfactorio.

Isenman et al. (2019).	Investigar los efectos de la suplementación con ecdisterona en el entrenamiento de fuerza en humanos.	46 hombres jóvenes entre 20 y 30 años.	Parámetros antropométricos, test de fuerza y perfil de sangre y excreción para detectar toxicidad en riñones o hígado. Tamaño de miotubos.	3 sesiones de entrenamiento de fuerza semanal durante 10 semanas. 6 ejercicios por sesión.	Aumento de masa muscular y rendimiento deportivo en los sujetos suplementados con ecdisterona.
Parr et al. (2015)	Comparar los efectos anabólicos de la ecdisterona con el resto de sustancias anabólicas.	42 ratas wistar.	Tamaño de fibras musculares del sóleo y diámetro de los miotubos. Perfil farmacocinético.	Comparaciones entre mediciones pre y post durante el tratamiento con ecdisterona a lo largo de 21 días.	Potencial anabólico de la ecdisterona parecido o incluso superior al resto de esteroides anabólicos androgénicos.
Serova et al. (2023)	Evaluar las propiedades anabólicas de la ecdisterona en células musculares e investigar sus efectos	Dos ratones de 3 y 22 meses de edad.	Peso y tamaño de miotubos musculares. Capacidad de correr y test de contracción muscular.	Test pre y post dosis de ecdisterona diaria durante 14 semanas.	Mejoras en test físicos. Aumento en el diámetro de miotubos y número de núcleos.