EDICIÓN GRATUITA · NOVIEMBRE 2026

EL FLOEMA

La ciencia de las plantas

Botánica, fitoquímica y extractos vegetales

UN EBOOK PARA APRENDER CON EVIDENCIA

Edición gratuita · 36 capítulos · Fuentes enlazadas



Antes de comenzar

Un regalo para tu curiosidad

Este ebook de El Floema reúne el contenido íntegro del Manual científico de estudio en una edición pensada para compartir y leer con calma. Puedes avanzar desde la planta viva hasta sus moléculas, estudiar cómo se obtienen y evalúan los extractos y volver a las fuentes para profundizar.

Conserva este archivo completo al compartirlo: las referencias, los límites de la evidencia y los ejercicios forman parte del contenido.

CÓMO NAVEGAR

El índice y las llamadas numéricas llevan a capítulos y referencias. Los enlaces de la bibliografía abren los documentos originales. Los dibujos esquemáticos explican conceptos; las ilustraciones botánicas ambientales no sirven para identificar especies.

Edición editorial: noviembre de 2026. Contenido de base: Manual científico de estudio de El Floema. Síntesis y maquetación asistidas por IA; esta presentación no añade una revisión científica independiente al documento original.

elfloema.cl · @elfloema.cl

Alcance del manual

Botánica, fitoquímica y ciencia de los extractos vegetales

Texto de base: edición de estudio personal • Noviembre de 2026

De la planta viva a la molécula, del extracto al ensayo y del mecanismo a la evidencia en seres humanos.

Este manual reúne fundamentos y herramientas para estudiar plantas medicinales y extractos con criterio científico. Es una síntesis didáctica original apoyada en bibliografía identificable, no una transcripción de las fuentes ni una revisión sistemática exhaustiva. La amplitud de una disciplina no permite cerrar en un solo volumen todos los taxones, metabolitos, métodos y usos. Aquí se desarrolla su estructura conceptual, se trabajan problemas cuantitativos y se analizan casos seleccionados.

La lectura puede construir una base sólida; la competencia profesional requiere además práctica supervisada, identificación botánica, trabajo analítico y evaluación crítica. Este texto no constituye un recetario de automedicación ni un protocolo validado para fabricar medicamentos. Los ejemplos numéricos son ejercicios inventados expresamente para enseñar cálculos, no resultados experimentales ni dosis recomendadas.

Las referencias entre corchetes remiten a la bibliografía con enlaces. Los datos tomados de un resumen se limitan a lo que este permite sostener. No se ha realizado una auditoría exhaustiva de retractaciones, una evaluación formal GRADE ni una comprobación de todas las publicaciones citadas por las revisiones. Una referencia real es necesaria, pero no convierte por sí sola una afirmación en certeza.

Tu ruta de lectura

36 capítulos · siete recorridos

1. Cómo estudiar y cómo construir una afirmación científica 7

2. Reino vegetal, parentesco e identidad botánica 8

3. Órganos, tejidos y lugares donde se acumulan compuestos 9

4. Fisiología: carbono, agua, nutrientes y transporte 11

5. Química indispensable para comprender un extracto 12

6. Concentraciones, unidades y balances de masa 13

7. Metabolismo especializado: qué significa y por qué existe 16

8. Fenilpropanoides y ácidos fenólicos 17

9. Flavonoides, antocianinas y taninos 18

10. Terpenos, terpenoides y triterpenos 19

11. Alcaloides y otros metabolitos que exigen cautela 20

12. Para qué los produce la planta: pruebas ecológicas 21

13. Cuándo puede haber más compuesto: genética, ambiente y cosecha 23

14. Poscosecha: limpiar, secar, triturar y conservar 24

15. Extracción: termodinámica y transferencia de materia 25

16. Elegir el solvente con criterio químico 26

17. Métodos: de una infusión a un extracto instrumental 27

18. Identificación y análisis: del perfil al analito 30

19. Antioxidantes y bioensayos: cómo evitar conclusiones falsas 31

20. Estabilidad: la composición cambia con el tiempo 32

21. Calidad integral, contaminación y estandarización 33

22. Farmacocinética: lo ingerido no es lo que llega a una célula 36

23. Farmacodinámica, mecanismo y evidencia clínica 37

24. Toxicología, interacciones y límites del uso doméstico 38

25. Piel: estructura, barrera y bioquímica relevante 41

26. Penetración cutánea y diseño de un estudio 42

27. Cosmética y formulación con extractos 43

28. Casos integradores: romero, maqui y caléndula 44

29. Casos integradores: té verde, boldo y otras monografías 45

30. Leer un artículo completo y construir una biblioteca fiable 48

31. Profundización: metabolómica, flujos y regulación 49

32. Profundización: interacciones y diseño experimental 51

33. Cuaderno práctico: seis trabajos de estudio 52

34. Problemas resueltos y autoevaluación 54

35. Glosario operativo 56

36. Mapa de profundización y límites de esta edición 57

Bibliografía y documentos de consulta 59

EL FLOEMA · CAPÍTULOS 1-6

I

La planta viva

Identidad, organización y bases químicas



CAPÍTULO 01

1. Cómo estudiar y cómo construir una afirmación científica

La unidad de conocimiento no es el nombre de una planta

La frase «la planta X es antiinflamatoria» deja sin resolver qué especie se utilizó, qué órgano, con qué preparación, a qué concentración, por qué vía y en qué modelo. Una afirmación útil especifica esos elementos y el resultado medido. En productos herbarios, la identidad y el proceso forman parte de la definición del material, no son detalles accesorios. Las guías de calidad exigen caracterizar la materia prima y la preparación para que los lotes puedan compararse. [43, 44]

Una forma de redactar evidencia es: «En el modelo M, el preparado P, caracterizado mediante C, modificó el desenlace D frente al control K, bajo las condiciones E». Si falta el preparado, no se debe sustituir por cualquier té, tintura o crema que lleve el mismo nombre vegetal. Si falta una comparación válida, no se debe transformar una observación en causalidad.

Cuatro preguntas que conviene mantener separadas

Primera: ¿existe la molécula en esa muestra? Segunda: ¿qué función cumple en la planta? Tercera: ¿interactúa con una diana experimental? Cuarta: ¿mejora un desenlace relevante en humanos a una exposición tolerable? Un experimento puede responder una de estas preguntas sin responder las otras. La diversidad metabólica y su función ecológica no equivalen a utilidad terapéutica. [16, 17]

La calidad de un estudio también depende de controles, repetición, medición y transparencia. Un ensayo celular con extracto coloreado puede producir señales engañosas; una lectura instrumental debe contrastarse con controles que detecten interferencia. Un ensayo clínico necesita además comparación adecuada y un resultado que importe al paciente. [50, 51, 56]

Ruta de lectura

En una primera vuelta, estudia los capítulos 2-9 y resuelve los cálculos básicos sin mirar las respuestas. En una segunda, conecta las rutas metabólicas con los capítulos 10-19. En la tercera, trabaja los capítulos 20-29 y las fichas críticas. En cada lectura anota tres cosas: lo que la fuente demuestra, lo que propone como hipótesis y lo que todavía falta medir. Esta ruta es una propuesta pedagógica del manual.

Conserva un cuaderno con columnas para especie, órgano, preparado, identificación analítica, modelo, concentración o exposición, resultado, limitaciones y fuente. Es preferible una ficha precisa con incertidumbres visibles a cien párrafos que repitan propiedades generales.

CUADERNO VISUAL

01	**Presencia**	¿Qué molécula hay?
02	**Función vegetal**	¿Qué hace en la planta?
03	**Actividad**	¿Qué cambia en el ensayo?
04	**Uso humano**	¿Qué beneficio se demuestra?

Cuatro preguntas diferentes. Una respuesta no demuestra automáticamente las siguientes. Síntesis del capítulo 1. [16, 17, 43, 50, 56]

CAPÍTULO 02

2. Reino vegetal, parentesco e identidad botánica

Clasificar es reconstruir relaciones

Las plantas terrestres comprenden linajes sin semillas y linajes con semillas; entre estos últimos se distinguen gimnospermas y angiospermas. Musgos, hepáticas y antocerotas no presentan el sistema vascular de las plantas vasculares. Helechos y otros linajes vasculares sin semillas se reproducen por esporas. En el ciclo vegetal se alternan fases haploides y diploides, cuya importancia relativa cambia entre grupos. «Hierba», «arbusto» y «árbol» describen formas de crecimiento, no grandes grupos equivalentes de parentesco. [1]

Un nombre común puede abarcar varias especies y una especie puede tener muchos nombres comunes. Para una investigación se registra el nombre científico aceptado, sus sinónimos relevantes, el órgano y la procedencia. La verificación debe apoyarse en material botánico y documentación, no solo en el rótulo comercial. Los requisitos de

identidad se extienden a productos pulverizados donde se han perdido muchos caracteres macroscópicos. [38, 44]

Qué observar antes de extraer

En una muestra intacta conviene documentar hábito, disposición de hojas, nervaduras, superficie, estructuras reproductivas y caracteres diagnósticos. Las fotografías ayudan, pero no reemplazan una identificación experta cuando hay especies parecidas o tóxicas. Un ejemplar de referencia depositado o conservado con identificación verificable permite volver a examinar el material que dio origen a un estudio. [38]

Para tu cuaderno, elabora una ficha de identidad con un código único. Añade localidad, fecha, condición cultivada o silvestre, persona que identifica, órgano y estado fenológico. Separa «dato observado» de «identificación provisional». No uses el olor o el sabor como pruebas de seguridad y no pruebes ejemplares desconocidos. El objetivo del ejercicio es aprender a documentar, no practicar reconocimiento por ingestión.

Parentesco no significa intercambiabilidad

Dos especies emparentadas pueden compartir rutas y diferir en las enzimas que modifican sus productos finales. Duplicación de genes, cambios en especificidad enzimática y regulación contribuyen a la diversificación química. Por ello, una molécula frecuente en una familia orienta la búsqueda, pero no demuestra su presencia en una muestra particular. La quimiotaxonomía es una herramienta complementaria, no una licencia para sustituir especies. [16, 21]

CAPÍTULO 03

3. Órganos, tejidos y lugares donde se acumulan compuestos

Del órgano a la célula

El cuerpo vegetal se organiza en sistema radical y sistema aéreo. Los meristemos sostienen el crecimiento; los tejidos diferenciados realizan funciones de protección, sostén, almacenamiento y transporte. Las células vegetales poseen pared, plastidios y vacuolas, estructuras fundamentales para su organización y metabolismo. El tejido que se recolecta determina qué tipos celulares entran al extracto. [2]

Un tallo presenta nudos, entrenudos y yemas. El crecimiento primario alarga; el crecimiento secundario engrosa en los grupos que lo presentan. Un rizoma es un tallo modificado y no una raíz: esta diferencia importa al describir una droga vegetal. La corteza, en sentido de recolección, no es químicamente equivalente al órgano subterráneo completo ni a la madera interna. [3]

Las raíces anclan, absorben agua e iones y pueden almacenar reservas. La zona con pelos radicales amplía la superficie de intercambio. La endodermis regula el paso hacia el cilindro vascular y contribuye a la selectividad del transporte. Una raíz joven y una raíz de reserva madura difieren en arquitectura; no debe suponerse que sus concentraciones sean idénticas. [4]

La hoja combina epidermis, estomas, mesófilo y haces vasculares. Forma, tamaño, grosor y organización interna se relacionan con sus condiciones de crecimiento. Una hoja compuesta se distingue de una simple por su organización en folíolos; una lámina recortada no es automáticamente una hoja compuesta. Estos caracteres ayudan a describir el material, sin demostrar por sí solos su actividad medicinal. [5]

Tricomas y compartimentos secretores

Los tricomas glandulares pueden producir y almacenar mezclas especializadas. Su densidad, desarrollo y funcionamiento varían entre especies y órganos. Una superficie aparentemente similar puede tener tricomas con productos diferentes; algunos pelos son simplemente estructuras no glandulares. [10]

Almacenar sustancias en cavidades o espacios separados puede reducir su contacto con células sensibles. La localización explica por qué trituración y manipulación pueden liberar sustancias, pero también favorecer su pérdida. No todos los metabolitos están en «glándulas»: otros se encuentran en vacuolas, membranas o diferentes tejidos. [11, 18]

CUADERNO VISUAL



La escala de observación cambia la pregunta.

Una muestra vegetal mezcla niveles de organización. Localizar un compuesto exige distinguir el órgano recolectado de su lugar de síntesis y de almacenamiento. Esquema conceptual, no corte anatómico. [2, 10, 18]

CAPÍTULO 04

4. Fisiología: carbono, agua, nutrientes y transporte

El carbono de los metabolitos

El carbono de gran parte de las moléculas vegetales procede de la fijación de CO2. El ciclo de Calvin utiliza energía y poder reductor generados por las reacciones luminosas para formar compuestos de carbono. La fotosíntesis no consiste en absorber materia orgánica del suelo: las raíces incorporan agua y nutrientes minerales, mientras la asimilación del carbono tiene otra función. [7]

El potencial hídrico permite interpretar el movimiento del agua. La transpiración, la continuidad del agua en los conductos y las propiedades del sistema vascular participan en el transporte por xilema. Los estomas regulan intercambio gaseoso y pérdida de agua; su cierre puede limitar la entrada de CO2. Por eso, someter una planta a sequía cambia más de una variable fisiológica. [6]

Fuentes y sumideros

El floema transporta asimilados desde órganos fuente hacia órganos sumidero. Un órgano puede cambiar de función según su etapa: una hoja joven demanda recursos y, al madurar, puede exportarlos. La dirección no se resume en «el floema siempre baja», sino que depende de relaciones entre fuentes y sumideros. El flujo está regulado por carga, descarga, presión y propiedades del tejido. [8, 9]

Esta organización tiene consecuencias para el muestreo. Una concentración puede cambiar porque aumentó la síntesis, disminuyó la degradación, llegó material desde otro órgano o cambió el tamaño del tejido. Medir solo miligramos por gramo no identifica cuál de estos procesos ocurrió. Es necesario combinar cantidad absoluta, biomasa y, cuando sea posible, marcadores de flujo o expresión. Esta es una inferencia metodológica a partir de la fisiología del transporte. [9, 18]

Balance conceptual

Puede pensarse el contenido de una sustancia como un balance: acumulación = síntesis + entrada - degradación - salida. El balance es una herramienta contable; no prueba que todos sus términos hayan sido medidos. Si solo conocemos la acumulación, no podemos despejar cuatro procesos desconocidos. Esta distinción evita afirmar «la planta produjo más» cuando el estudio solo encontró una concentración mayor.

CAPÍTULO 05

5. Química indispensable para comprender un extracto

La estructura determina posibilidades, no resultados únicos

Las interacciones intermoleculares incluyen dispersión, interacciones entre dipolos y puentes de hidrógeno. Una molécula con varios grupos capaces de interactuar con agua no se comporta igual que otra dominada por un esqueleto hidrocarbonado. Sin embargo, la solubilidad también depende del conjunto de la estructura y del estado físico: contar grupos OH no basta para predecirla cuantitativamente. [12]

Conviene reconocer grupos funcionales: alcohol, fenol, ácido carboxílico, éster, éter, amina y carbonilo. Un fenol posee OH unido a un anillo aromático; no es químicamente idéntico a cualquier alcohol. Un éster puede sufrir hidrólisis y una amina puede protonarse según su entorno. Estas diferencias ayudan a formular preguntas sobre extracción y estabilidad, que deben resolverse experimentalmente para el compuesto concreto. [12, 13, 41]

Ionización y pH

Para un ácido débil idealizado HA, la relación entre las formas ionizada y no ionizada depende del pH y del pKa. La ecuación de Henderson-Hasselbalch es una aproximación útil cuando sus supuestos se cumplen. No describe por sí sola mezclas complejas, actividad iónica elevada, sistemas polipróticos o un medio hidroalcohólico como si fuera agua pura. [13, 14]

pH = pKa + log10([A-]/[HA])
Fracción no ionizada de un ácido monoprótico ≈ 1 / (1 + 10^(pH - pKa))

Ejemplo didáctico: un ácido hipotético con pKa 4 presenta aproximadamente 50 % de forma no ionizada a pH 4; a pH 5, cerca de 9,1 %. El cálculo no demuestra que penetre mejor ni que sea estable a esos pH. Para una base débil se debe escribir el equilibrio de su ácido conjugado; reutilizar sin cambios la fórmula del ácido invierte la interpretación.

Solubilidad, reparto y concentración

Solubilidad es el límite de disolución bajo condiciones definidas. Concentración es la cantidad presente por unidad de volumen o masa. Una solución puede tener baja concentración y estar saturada si la solubilidad es muy baja. El reparto entre fases considera su distribución; el logP de una especie neutra no debe confundirse con una distribución dependiente del pH que incluye formas ionizadas. En un extracto no existe un único logP representativo de todas las moléculas. [40, 41]

CAPÍTULO 06

6. Concentraciones, unidades y balances de masa

Especificar la base del dato

No es lo mismo porcentaje masa/masa, masa/volumen o volumen/volumen. «Etanol 70 %» es ambiguo sin la base y las condiciones de preparación. Tampoco son intercambiables miligramos por gramo de planta fresca, planta seca, extracto nativo y producto comercial. La descripción del preparado debe permitir reconstruir qué se midió. [43, 45]

Contenido total (mg) = concentración (mg/g) × masa (g)
Rendimiento (%) = 100 × masa de extracto seco nativo / masa vegetal seca
Recuperación (%) = 100 × masa del analito recuperada / masa inicial del analito

Todos los números de este capítulo son ficticios. Se procesan 100 g de planta seca con 10 mg/g de un analito: la carga inicial estimada es 1.000 mg. Se obtienen 20 g de extracto seco con 35 mg/g: el extracto contiene 700 mg. Rendimiento global: 20 %. Recuperación del analito: 70 %. Enriquecimiento por unidad de masa: 3,5 veces. Son tres magnitudes diferentes y ninguna demuestra eficacia clínica.

Si el extracto se mezcla con 20 g de un soporte inerte, el producto pesa 40 g y contiene 17,5 mg/g. La masa del analito permanece en 700 mg; su concentración comercial se reduce a la mitad. Por eso un certificado debe indicar si los valores corresponden al extracto nativo o a una mezcla con excipientes. [45]

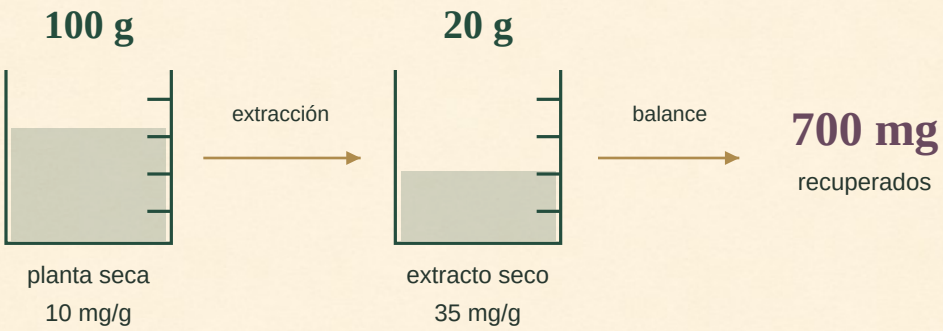
Conversión a base seca

Si una muestra de 100 g tiene 75 g de agua, quedan 25 g de materia seca. Un contenido de 2 mg por gramo fresco equivale, bajo ese balance, a 8 mg por gramo seco. Al comparar dos cosechas, la diferencia de humedad puede simular una diferencia metabólica. Debe documentarse cómo se determinó la humedad; pérdida por secado puede incluir otros volátiles según el material y el método. [38, 44]

Diluciones y trazabilidad del cálculo

Para un soluto conservado durante una dilución ideal, C1 × V1 = C2 × V2. Obtener 100 mL de 2 mg/mL a partir de 10 mg/mL requiere 20 mL de solución inicial y completar hasta 100 mL, no necesariamente agregar exactamente 80 mL en cualquier sistema de solventes. Anota cada dilución y factor. Un resultado instrumental correcto puede convertirse en un resultado final incorrecto si se olvida un factor de diez.

CUADERNO VISUAL



1.000 mg al inicio → 70 % recuperado

Balance didáctico del capítulo 6. Datos ficticios: el rendimiento de masa y la recuperación del analito no son equivalentes.

EL FLOEMA · CAPÍTULOS 7-12

II

El lenguaje de las moléculas

Biosíntesis, diversidad y función ecológica



CAPÍTULO 07

7. Metabolismo especializado: qué significa y por qué existe

No es un metabolismo prescindible

«Secundario» es un término histórico; «especializado» resalta que muchas rutas tienen distribuciones particulares y funciones ecológicas. La separación del metabolismo central no es absoluta: las rutas comparten precursores, energía y cofactores, y algunos productos intervienen en procesos fundamentales. No debe imaginarse una fábrica básica seguida de una colección de adornos opcionales. [16, 17]

La diversidad surge tanto de cambios en esqueletos básicos como de oxidación, reducción, metilación, acilación y glicosilación. Dos moléculas cercanas pueden diferir en solubilidad, almacenamiento, reactividad o reconocimiento por proteínas. Una lista de familias no reemplaza el estudio de la estructura concreta. [17]

Compartimentos y transporte

La ruta puede distribuirse entre citosol, plastidios, retículo endoplasmático y otros compartimentos. Los intermediarios requieren transporte; el lugar donde se acumula el producto no necesariamente coincide con el lugar de cada reacción biosintética. La ingeniería de una ruta no consiste solo en «añadir un gen»: debe considerar sustratos, cofactores, localización y productos potencialmente perjudiciales. [18, 80]

Función, mecanismo y evolución

Las plantas no sintetizan compuestos con el propósito de curarnos. Una sustancia puede contribuir a defensa, protección frente a radiación, comunicación o reproducción en un contexto ecológico. La utilidad humana es otra pregunta. Incluso dentro de la planta, una función propuesta requiere experimentos: alterar una ruta y observar una consecuencia aporta más que encontrar correlación entre pigmento y estrés. [32, 33, 34]

Para estudiar una familia, utiliza siempre cinco niveles: precursor, enzimas, localización, función ecológica y evidencia de uso humano. Si falta evidencia en uno, escribe «no establecido en la fuente consultada». Esta práctica evita rellenar huecos con analogías atractivas pero no comprobadas.

CAPÍTULO 08

8. Fenilpropanoides y ácidos fenólicos

Entrada a una red de ramificaciones

La fenilalanina amonio-liasa, PAL, convierte fenilalanina en cinamato. La hidroxilación y activación como tioésteres de CoA conducen a intermediarios que alimentan diversas ramas. C4H y 4CL son nombres recurrentes, pero las especificidades y organización de la ruta dependen del sistema estudiado. No todos los compuestos llamados «fenólicos» provienen de una única secuencia idéntica. [19]

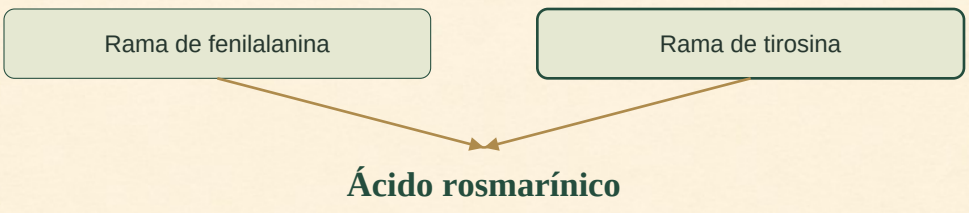
La activación con CoA facilita reacciones posteriores; no significa que el ácido libre sea siempre el único producto funcional. Los intermediarios pueden participar en rutas de pared celular o en metabolitos solubles. El transporte y la compartimentación son parte de la red y condicionan qué productos pueden acumularse. [19, 80]

Ácido rosmarínico como ejemplo de convergencia

Su biosíntesis combina aportes de fenilalanina y tirosina. En la rama derivada de tirosina aparecen TAT y HPPR; la rosmarínico ácido sintasa participa en una esterificación, seguida por pasos de hidroxilación según la ruta considerada. No debe representarse como una conversión directa de una sola molécula de fenilalanina en ácido rosmarínico. [23, 24, 25]

La presencia de un enlace éster y varios grupos fenólicos invita a preguntar por hidrólisis, oxidación e interacción con el solvente. Son hipótesis químicas razonables, pero las velocidades y condiciones se deben medir. Que una revisión describa actividades experimentales no establece una dosis humana eficaz ni la equivalencia entre un compuesto purificado y un extracto. [24, 42, 55]

CUADERNO VISUAL



Rama de fenilalanina y rama de tirosina convergen en la biosíntesis de ácido rosmarínico. Esquema de procedencia de precursores; se omiten intermediarios y variantes enzimáticas. [23, 24, 25]

Pregunta para profundizar

Si una planta muestra más ácido rosmarínico y menos de otro fenilpropanoide, ¿basta afirmar que aumentó toda la ruta? No: pudo cambiar una rama, el transporte, la degradación o la biomasa. Propón qué datos adicionales necesitarías: panel de metabolitos, expresión de enzimas, actividad enzimática o trazadores. Cada dato aborda un nivel distinto y no sustituye automáticamente a los demás.

CAPÍTULO 09

9. Flavonoides, antocianinas y taninos

El esqueleto y sus modificaciones

La chalcona sintasa conecta un precursor fenilpropanoide con unidades derivadas de malonil-CoA. La chalcona isomerasa y otras enzimas conducen a ramas de flavanonas, flavonoles, antocianinas y proantocianidinas. CHS, CHI, F3H, FLS, DFR y ANS designan pasos o familias enzimáticas que deben interpretarse dentro de la especie. El flujo por una rama puede competir con otras por sustratos. [20, 21]

La aglicona es la porción no azucarada de un glucósido. Añadir azúcares o grupos acilo modifica el comportamiento de la molécula y puede facilitar almacenamiento o alterar estabilidad. No permite predecir por sí solo mayor absorción humana: deben considerarse transformación digestiva y metabolismo posterior. [17, 55]

Antocianinas: color con equilibrio químico

Las antocianinas presentan formas químicas cuya proporción depende del medio. pH, temperatura, luz, oxígeno y componentes de la matriz influyen en el color y en la degradación. Un cambio de color puede reflejar equilibrio reversible, pérdida de pigmento o ambos procesos; observarlo no equivale a cuantificar la molécula original. Copigmentación y acilación pueden modificar el comportamiento sin establecer una regla idéntica para todas las antocianinas. [53, 54]

Taninos no es sinónimo de todos los polifenoles

Las proantocianidinas, también llamadas taninos condensados, tienen complejidad de composición y tamaño. Su biosíntesis, ensamblaje y transporte siguen presentando cuestiones abiertas. Conviene distinguirlas de los taninos hidrolizables y de pequeñas moléculas fenólicas. En análisis, el método elegido puede responder de forma diferente según el grado de polimerización y los estándares empleados. [22, 48]

Del pigmento vegetal al uso humano

Mutantes de Arabidopsis con alteraciones de flavonoides han ayudado a estudiar protección frente a UV-B. Ese resultado corresponde a la función vegetal en ese sistema y no demuestra que una crema con flavonoides sea un protector solar. El salto exige estudiar formulación, exposición, seguridad y eficacia específica. [33, 60, 63]

CAPÍTULO 10

10. Terpenos, terpenoides y triterpenos

Dos entradas principales

Las rutas del mevalonato y del metileritritol fosfato generan unidades precursoras de isoprenoides. Se asocian principalmente con compartimentos diferentes, aunque existe intercambio y regulación cruzada. IPP y DMAPP alimentan precursores de cadenas de distintas longitudes; su ensamblaje y posterior transformación producen una enorme diversidad. [26]

La clasificación por número de carbonos ayuda a orientarse: monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos y tetraterpenos se relacionan, respectivamente, con esqueletos de 10, 15, 20, 30 y 40 carbonos. Las transformaciones posteriores pueden modificar esos esqueletos. La volatilidad no es una propiedad uniforme de toda la familia: un carotenoide y un monoterpeno no se extraen ni se conservan de la misma forma. [27]

Ciclación y modificación

En la formación de numerosos triterpenos, el escualeno y el oxidoescualeno conducen a esqueletos cíclicos mediante enzimas especializadas. Oxidaciones y glicosilaciones amplían la diversidad. Las saponinas pueden combinar una parte triterpénica o esteroidea con azúcares; ese carácter mixto impide clasificarlas simplemente como «aceitosas». [28]

Aceite esencial, oleato y extracto no son equivalentes

Un aceite esencial reúne componentes volátiles obtenidos por procedimientos específicos. Un macerado oleoso usa un aceite como medio de extracción. Un extracto hidroalcohólico selecciona otro perfil. Compartir especie de origen no hace intercambiables estas preparaciones; el proceso cambia qué llega al producto. [40, 41]

Como ejercicio, compara tres objetivos hipotéticos: estudiar un aroma volátil, cuantificar un diterpeno poco volátil y recuperar una saponina. Para cada uno, justifica el método de análisis, la extracción y el control de pérdidas. La respuesta debe basarse en estructura y validación, no en la idea de que «lo natural se extrae mejor con aceite».

CAPÍTULO 11

11. Alcaloides y otros metabolitos que exigen cautela

Una categoría amplia

Los alcaloides incluyen numerosas estructuras nitrogenadas con orígenes biosintéticos diferentes; no todos se comportan como bases simples ni comparten una actividad. Rutas a partir de aminoácidos pueden incorporar otros precursores y repartirse entre órganos y compartimentos. Nombrar la familia no permite predecir seguridad. [29]

Los alcaloides tropánicos muestran cómo rutas relacionadas producen moléculas con consecuencias farmacológicas muy distintas. Su extracción y aislamiento no son actividades apropiadas para un recetario doméstico de aprendizaje. La existencia de usos farmacéuticos de un compuesto no vuelve segura a la planta que lo contiene ni a un concentrado sin análisis. [31]

Los alcaloides pirrolizidínicos ilustran la importancia de la estructura y la bioactivación: determinadas estructuras representan riesgos relevantes y pueden aparecer como componentes propios o contaminantes botánicos. No es correcto afirmar que cualquier alcaloide sea igual de tóxico ni que un uso tradicional elimine estos riesgos. [30]

Otras familias

Glucosinolatos, glucósidos cianogénicos y derivados de ácidos grasos amplían el mapa del metabolismo especializado. En algunos sistemas, separar precursor y enzima permite que el daño del tejido desencadene transformaciones. La composición antes de triturar puede no coincidir con la del material triturado o almacenado. [16, 17]

Este capítulo no ofrece instrucciones para concentrar sustancias peligrosas. Su objetivo es enseñar una regla de investigación: antes de optimizar la recuperación de un «activo», identifica también los constituyentes que limitan la exposición. Un proceso selectivo debe justificarse tanto por lo que recupera como por lo que elimina o transforma. [43, 44]

CAPÍTULO 12

12. Para qué los produce la planta: pruebas ecológicas

Defensa y causalidad

En Nicotiana attenuata, la reducción experimental de nicotina mediante intervención en su biosíntesis permitió estudiar consecuencias sobre herbívoros. El trabajo de Steppuhn y colaboradores relacionó esa reducción con mayor vulnerabilidad y cambios en la interacción con consumidores. Es una evidencia funcional más fuerte que la mera presencia de nicotina en una planta atacada. No implica un uso seguro de nicotina como preparación casera. [32]

Radiación, pigmentos y protección

Los experimentos con mutantes de flavonoides de Arabidopsis apoyan una función en tolerancia a UV-B bajo las condiciones estudiadas. En hojas rojas senescentes de Cornus, el estudio de Feild y colaboradores examinó propiedades ópticas y respuesta fotosintética. La protección fotoquímica observada debe distinguirse de hipótesis más amplias, como ventajas sobre recuperación de nutrientes que requieren sus propias mediciones. [33, 35]

Comunicación y reproducción

Un olor floral puede modificar la interacción con polinizadores de formas que no se reducen al número de visitas. Haverkamp y colaboradores estudiaron percepción por la probóscide de esfíngidos y consecuencias sobre la interacción floral. La función ecológica depende del organismo receptor y del contexto; el mismo compuesto no tiene necesariamente idéntico significado para todos los visitantes. [34]

Cómo leer estos experimentos

Pregunta si la manipulación alteró solo el compuesto de interés o también crecimiento y otras rutas. Revisa si se utilizaron varios genotipos, controles y, cuando corresponde, restauración del fenotipo. Una diferencia consistente mejora la interpretación causal, pero la generalización entre especies sigue requiriendo pruebas. No conviertas «se observó en este sistema» en «todas las plantas producen esta familia para lo mismo».

EL FLOEMA · CAPÍTULOS 13-17

III

De la cosecha al extracto

Variabilidad, poscosecha y métodos



CAPÍTULO 13

13. Cuándo puede haber más compuesto: genética, ambiente y cosecha

Concentración y producción total

Un incremento en mg/g puede coincidir con una caída de la biomasa. Supón dos tratamientos ficticios: A produce 200 g a 5 mg/g y B produce 80 g a 9 mg/g. A contiene 1.000 mg y B, 720 mg. B tiene mayor concentración; A, mayor cantidad total. Para decidir una cosecha industrial también importan superficie, tiempo, pérdidas y calidad.

La pregunta correcta debe nombrar el compuesto, el órgano, la base de medida y el objetivo. No existe una regla universal «antes de florecer», «con luna llena» o «bajo más estrés» válida para todos los metabolitos. La regulación involucra desarrollo, ambiente y genotipo; las recomendaciones requieren evidencia específica. [9, 10, 26]

Estrés no significa aumento uniforme

En romero sometido a déficit hídrico, Munné-Bosch y colaboradores observaron cambios diferenciados: disminuyó ácido carnósico y aumentaron determinados productos más oxidados y alfa-tocoferol. Este resultado muestra que una misma condición puede mover compuestos en direcciones distintas. No autoriza a recomendar sequía como técnica universal para aumentar todos los «antioxidantes». [36]

En maqui, Fredes y colaboradores estudiaron desarrollo y maduración en localidades de Chile central. Las antocianinas aumentaron con la maduración, mientras otros indicadores no siguieron necesariamente una trayectoria idéntica. La actividad medida químicamente no equivale a un beneficio clínico. El estudio informa sobre sus muestras, no establece por sí solo el calendario óptimo para todo Chile. [37]

Diseño para responder de verdad

Define una variable primaria, por ejemplo mg de analito por g seco, y una secundaria, mg por planta. Muestrea plantas independientes, registra fenología y microambiente, distribuye el procesamiento para no confundir fecha con equipo y analiza humedad. Varias inyecciones de una misma solución son réplicas técnicas; no reemplazan varias plantas. Esta propuesta de diseño permite separar variación biológica de error de medida.

CAPÍTULO 14

14. Poscosecha: limpiar, secar, triturar y conservar

La muestra continúa cambiando

Tras la cosecha pueden continuar reacciones enzimáticas, oxidación y pérdidas de volátiles. La limpieza y el secado deben adaptarse al material y al uso previsto; manipular sin control puede introducir contaminación o destruir caracteres de identificación. La OMS incluye estas operaciones dentro de un sistema documentado de procesamiento. [38]

Secar no significa únicamente «quitar agua». Puede disminuir actividad enzimática y crecimiento microbiano, pero también degradar componentes sensibles. El estudio de secado en achicoria muestra que método y comportamiento enzimático pueden modificar el perfil fenólico. No se puede trasladar una temperatura favorable para una especie a todas las flores, raíces y hojas. [39]

Humedad y actividad de agua

La actividad de agua expresa la disponibilidad termodinámica del agua y no es igual al porcentaje de humedad. Dos matrices con igual contenido de agua pueden presentar distinta actividad de agua. Su interpretación es importante para estabilidad microbiológica, pero no sustituye recuentos ni búsqueda de contaminantes cuando corresponden. [79, 44]

Molienda y almacenamiento

Reducir el tamaño de partícula suele facilitar contacto con el solvente, pero una molienda excesiva puede generar calor, dificultar filtración y aumentar exposición al oxígeno. Envase, cierre, luz, temperatura y humedad ambiental son parte del sistema de conservación. La fecha de caducidad debe apoyarse en estudios, no en una regla genérica para todas las plantas secas. [38, 46]

En tu registro experimental incluye masa antes y después, método, temperatura real del material si se conoce, tiempo, distribución de partículas y condiciones de envasado. Un lote sin historia de procesamiento es difícil de comparar aunque su aspecto sea aceptable. Una muestra con olor o aspecto normal tampoco demuestra ausencia de contaminación.

CAPÍTULO 15

15. Extracción: termodinámica y transferencia de materia

Qué ocurre al poner una planta en un solvente

La extracción sólido-líquido combina humectación, entrada de solvente, disolución y transporte de solutos hacia el medio externo. El equilibrio final y la velocidad para aproximarse a él son cuestiones distintas. Un soluto puede tener afinidad por el solvente y, aun así, liberarse lentamente porque está atrapado en una matriz poco accesible. Tamaño de partícula, agitación, temperatura y proporción de solvente influyen, pero no siempre de forma lineal. [40]

Como modelo conceptual, el flujo difusivo es proporcional al gradiente de concentración y a un coeficiente de difusión. Reducir distancias puede acelerar transporte; renovar solvente puede mantener un gradiente. En tejido real existen resistencias y cambios de estructura, por lo que el modelo no permite calcular el tiempo óptimo sin datos. [40, 41]

Modelo de difusión: $J = -D \times dC/dx$

J representa flujo por superficie y tiempo; D, difusión; dC/dx, gradiente espacial. El signo indica movimiento hacia menor concentración. No uses esta ecuación como si un extracto multicomponente tuviera un único D invariable.

Rendimiento no es selectividad

Un solvente que recupera mucha masa puede extraer azúcares, sales y otras sustancias sin enriquecer el analito buscado. Una extracción con menor residuo total puede ser más selectiva. Por ello se comparan recuperación, concentración del objetivo, impurezas relevantes y estabilidad, no solo el peso del residuo. [41, 42]

Extracciones sucesivas: ejercicio de balance

Supón que cada etapa independiente recupera 60 % de lo que queda, con una fracción constante ficticia. De 100 mg iniciales, la primera recupera 60 mg; quedan 40. La segunda recupera 24 mg; quedan 16. La tercera recupera 9,6 mg; quedan 6,4. Recuperación total: 93,6 %. No es 180 %. En un sistema real la fracción puede cambiar y debe medirse; además, cada etapa aumenta consumo de solvente y operaciones.

Definir un objetivo antes de optimizar

Una pregunta operativa útil es: maximizar recuperación de X manteniendo Y por debajo de un límite y preservando la estabilidad durante Z tiempo. «Extraer todo» no es una especificación alcanzable: las moléculas tienen comportamientos distintos y los métodos cambian la mezcla.

CUADERNO VISUAL

Disolución y transporte



Representación conceptual de extracción sólido-líquido. Los puntos simbolizan un soluto; se omiten otros componentes y resistencias al transporte. [40, 41]

CAPÍTULO 16

16. Elegir el solvente con criterio químico

Agua y mezclas hidroalcohólicas

El agua favorece ciertas sustancias polares y participa en la hidratación de la matriz. El etanol modifica las propiedades del medio; mezclar ambos puede mejorar la recuperación de determinados compuestos frente a cada solvente aislado. Eso no establece un porcentaje universal. El estudio comparativo en romero de Jacotet-Navarro mostró respuestas distintas para ácido rosmarínico y ácido carnósico según la mezcla usada. [42]

Cuando leas «mejor solvente», revisa qué se optimizó: rendimiento, un analito, una suma de compuestos o una señal de ensayo. Un máximo de capacidad reductora no necesariamente coincide con la máxima recuperación de una molécula. También verifica temperatura, tiempo, granulometría y base de concentración del solvente. [42, 48]

Glicerol y aceites

El glicerol presenta una viscosidad que debe considerarse en mezcla, transferencia y manejo; un extracto glicerinado no es automáticamente equivalente a uno hidroalcohólico. Los aceites seleccionan otro conjunto de componentes y plantean cuestiones propias de oxidación y conservación. Una mezcla con agua introduce requisitos microbiológicos que no desaparecen por llamarse «natural». Las decisiones se apoyan en caracterización y estudios del producto concreto. [38, 43, 46]

El solvente también limita el uso

Un método analítico puede usar solventes adecuados para identificar compuestos y no ser apropiado para preparar un producto destinado a consumo o aplicación. La eliminación de solvente no se presume completa: los residuos deben controlarse con criterios pertinentes. No traduzcas automáticamente un procedimiento de artículo a una receta doméstica. [43, 44]

Matriz de decisión propuesta

Para cada opción anota: objetivo químico, compatibilidad con la vía prevista, selectividad, necesidad de eliminación, capacidad de conservar el analito, facilidad de análisis y residuos. Pondera estas variables antes de escoger. Si no se conoce la composición objetivo, la primera tarea puede ser caracterizar la planta, no optimizar a ciegas el proceso.

CAPÍTULO 17

17. Métodos: de una infusión a un extracto instrumental

Preparaciones acuosas

Infusión, decocción y maceración se diferencian en condiciones de contacto y calentamiento. La infusión utiliza agua caliente y un periodo de contacto; la decocción implica hervir o mantener calentamiento según el procedimiento; la maceración emplea contacto sin ese tratamiento térmico. Las condiciones deben corresponder a la preparación estudiada o monografiada. «Todas las raíces se hierven» no es una regla científicamente suficiente y puede ser inadecuada para componentes volátiles o sensibles. [47]

Métodos de laboratorio

La maceración, la percolación y la extracción asistida por ultrasonidos o microondas presentan mecanismos y requisitos distintos. Ultrasonidos pueden favorecer transferencia mediante fenómenos físicos; microondas producen calentamiento dependiente del sistema. Aumentar intensidad no garantiza mejor conservación del objetivo. Los resultados deben describir parámetros, equipo y escalado, no solo el nombre de la técnica. [40]

En métodos presurizados o con fluidos supercríticos, presión y temperatura modifican propiedades del medio y selectividad. El uso de un cosolvente puede alterar lo recuperado. Estas técnicas requieren equipos y procedimientos de seguridad especializados; aquí se estudian sus principios, no se ofrecen instrucciones para improvisarlos. [41]

Concentrar no es purificar

Evaporar aumenta la concentración de lo que permanece y puede perder volátiles o favorecer degradación. Filtrar elimina partículas de acuerdo con el sistema empleado; no elimina necesariamente moléculas tóxicas disueltas ni garantiza esterilidad. Separación cromatográfica, precipitación y otras operaciones cambian la mezcla de manera diferente. [38, 40]

Un procedimiento reproducible documenta material, escala, solvente, condiciones, fraccionamiento, filtración, concentración, rendimiento y almacenamiento. Sin esa secuencia, «extracto de X» es una descripción incompleta. Para uso científico, conserva una muestra de referencia del lote cuando sea viable y registra toda desviación del procedimiento.

EL FLOEMA · CAPÍTULOS 18-21

IV

Medir para comprender

Análisis, bioensayos, estabilidad y calidad



CAPÍTULO 18

18. Identificación y análisis: del perfil al analito

Varias preguntas necesitan varias técnicas

Una huella cromatográfica permite comparar patrones de señales. La cuantificación determina cuánto hay de un analito bajo un método calibrado. La elucidación estructural responde otra pregunta y puede requerir espectrometría de masas, resonancia magnética nuclear y otras evidencias. Una coincidencia de tiempo de retención, por sí sola, no constituye identificación inequívoca. [41, 48]

En cromatografía líquida, la separación depende de fase estacionaria, fase móvil y condiciones. En cromatografía de gases importan volatilidad y estabilidad térmica o una derivatización apropiada. UV-visible detecta cromóforos; no ve con igual sensibilidad todas las sustancias. Un pico dominante no tiene por qué representar la sustancia más abundante en masa si los factores de respuesta difieren. [48]

Validación para el uso previsto

La validación debe demostrar que el procedimiento sirve para su finalidad. Especificidad o selectividad, exactitud, precisión, intervalo de trabajo y límites de detección o cuantificación se consideran según el tipo de ensayo. Un coeficiente de correlación alto de una curva no basta: pueden existir sesgo, heterocedasticidad o respuesta inadecuada en los extremos. [49]

La robustez examina efectos de pequeñas variaciones deliberadas. La repetibilidad observa variación bajo condiciones próximas; la precisión intermedia incorpora cambios pertinentes dentro del laboratorio. No es lo mismo repetir una lectura que repetir extracción, preparación e inyección. [49]

Ejemplo de calibración

Datos ficticios: área = 25.000 × concentración + 1.000, con concentración en mg/L. Una muestra da área 126.000: concentración = (126.000 - 1.000)/25.000 = 5 mg/L. Si fue diluida diez veces, la solución original contiene 50 mg/L. Si procede de 0,500 g de extracto llevado a 0,100 L, hay 5 mg del analito y el contenido es 10 mg/g. El cálculo solo es válido dentro del intervalo y bajo las condiciones del método.

Qué debe contener el informe

Identidad de muestra y estándar, método, unidades, base seca o húmeda, preparación, calibración, diluciones, replicación, incertidumbre o variabilidad pertinente y desviaciones. Un número con muchas cifras decimales no aumenta la calidad si no se conoce el error.

CAPÍTULO 19

19. Antioxidantes y bioensayos: cómo evitar conclusiones falsas

«Antioxidante» necesita apellido experimental

Ensayos químicos pueden medir transferencia de electrones, neutralización de radicales u otras reacciones bajo condiciones definidas. La señal depende del reactivo, solvente, tiempo y estándar. Un equivalente de ácido gálico no significa que la muestra contenga esa cantidad real de ácido gálico. Tampoco toda respuesta del reactivo de Folin puede atribuirse exclusivamente a fenólicos. [48, 50]

Un valor elevado en un ensayo de tubo no prueba prevención de enfermedad ni protección cutánea. Se debe investigar exposición, metabolismo y mecanismo en sistemas relevantes. La actividad de una molécula libre puede diferir de la de sus metabolitos conjugados. [55, 57]

Interferencias frecuentes

Extractos pueden absorber luz, emitir fluorescencia, precipitar, formar agregados o reaccionar con componentes del ensayo. La caída de una señal podría deberse a interferencia y no a inhibición de la diana. Los controles deben separar color propio, efectos sobre el sistema detector y toxicidad general. [50, 51]

Las alertas PAINS identifican patrones que merecen revisión, pero no son un veredicto automático. Tener una alerta no demuestra que todo resultado sea falso; no tenerla tampoco demuestra validez. Se necesitan ensayos ortogonales y controles apropiados. [52]

Diseñar un conjunto mínimo de controles

Para un estudio hipotético de inhibición enzimática: incluye blanco de reactivos, vehículo, extracto sin enzima, control positivo y, si procede, una lectura alternativa independiente del mismo fenómeno óptico. Examina dependencia de concentración y verifica solubilidad. Si se usan células, evalúa viabilidad con un método compatible con el extracto. El diseño exacto depende del ensayo; esta lista es un punto de partida, no un protocolo validado universal.

Interpretar IC50

IC50 es la concentración que produce la mitad de la inhibición definida en un ensayo bajo determinadas condiciones. Cambiar sustrato, tiempo o sistema puede cambiarla. No es una dosis oral, una concentración automáticamente alcanzable en sangre ni un índice completo de seguridad. Compara estudios solo cuando sabes cómo se definió y midió la respuesta. [50, 51]

CAPÍTULO 20

20. Estabilidad: la composición cambia con el tiempo

Degradación y transformación

La estabilidad depende del compuesto y de la matriz. En antocianinas influyen pH, oxígeno, temperatura, luz, enzimas y asociaciones con otros componentes. La protección observada en un sistema no se traslada sin pruebas a una crema, una bebida o un polvo. El cambio de color puede ser útil como señal, pero no identifica por sí solo el producto de degradación. [53, 54]

La velocidad de una reacción puede depender de temperatura y energía de activación. La ecuación de Arrhenius permite modelar esa dependencia cuando se cumplen sus supuestos. No permite convertir automáticamente un ensayo corto a temperatura alta en años de estabilidad real si cambian los mecanismos, las fases o el envase. [15]

Modelo de primer orden: C(t) = C0 × exp(-k × t)
En ese modelo: t90 = -ln(0,90)/k ≈ 0,10536/k

Ejemplo ficticio: si k = 0,002 por día, t90 ≈ 52,7 días. Esto significa que el modelo predice 90 % del contenido inicial en ese tiempo. No establece una caducidad: habría que estudiar otros atributos y demostrar que el modelo describe los datos en las condiciones relevantes.

Qué seguir durante un estudio

Selecciona marcadores o componentes relevantes, productos de degradación cuando se conocen, aspecto, pH si aplica, propiedades físicas, microbiología y compatibilidad con envase. Un contenido estable no prueba calidad si el producto se contamina; una apariencia estable no prueba conservación del analito. [43, 46]

Como diseño didáctico, compara lotes y tiempos planificados, conserva un tiempo cero y registra apertura del envase. Evita medir cada tiempo en un recipiente que se abre repetidamente si pretendes estudiar almacenamiento sin apertura: estarías mezclando condiciones. Define antes los criterios de aceptación y no los adaptes después para declarar que todo «pasó».

CAPÍTULO 21

21. Calidad integral, contaminación y estandarización

El marcador no siempre es el responsable del efecto

Un marcador analítico puede servir para identidad o consistencia aunque no esté demostrado como causante de la actividad. Estandarizar a un solo marcador no garantiza que todos los demás componentes permanezcan constantes. La selección del marcador debe declarar su función: activo conocido, indicador de calidad u otra finalidad. [46]

Las especificaciones abarcan identidad, contenido y atributos de pureza pertinentes. Según material y producto pueden incluir contaminación microbiológica, contaminantes químicos, adulteración y residuos del proceso. El plan no se copia de otro producto sin justificar su pertinencia. [44]

Equivalencia de extractos

Un cociente planta:extracto mayor no demuestra superioridad. Para considerar equivalencia importan especie, órgano, solvente, proceso y perfil químico; los excipientes afectan la forma de expresar la relación. Dos preparados con el mismo cociente pueden tener mezclas distintas. [45]

Especificación y certificado

Una especificación define qué medir, cómo medirlo y qué resultado aceptar. Un certificado informa resultados de un lote. Que el documento diga «cumple» sin método, unidades ni límites reduce su utilidad. La conformidad debe ser trazable y referirse al uso previsto; no convierte un producto en clínicamente eficaz. [43, 44]

Ejercicio: compara dos certificados ficticios. A declara «polifenoles: 20 %» sin método. B declara «analito X: 18 mg/g, base seca, HPLC validada, lote y fecha». B permite interpretar mejor esa medición, aunque por sí solo tampoco caracteriza toda la seguridad. No elijas por el número más alto: pregunta si se están comparando la misma magnitud y el mismo material.

V

Del mecanismo a la evidencia

Exposición, efectos y seguridad



CAPÍTULO 22

22. Farmacocinética: lo ingerido no es lo que llega a una célula

Absorción, distribución, metabolismo y eliminación

La exposición interna depende de cómo una sustancia se libera de la matriz, se absorbe, se transforma y se elimina. En polifenoles, las formas circulantes pueden incluir metabolitos distintos de los presentes originalmente en el alimento o extracto. La abundancia en la planta no predice por sí sola concentración en un tejido humano. [55, 57]

La microbiota intestinal puede contribuir a transformaciones y generar variabilidad. Conjugación y metabolismo modifican propiedades químicas y duración de exposición. Por ello, un ensayo celular con altas concentraciones de aglicona puede no representar la situación posterior a una ingestión. [55, 57]

Exposición total y exposición libre

Para interpretar un resultado experimental conviene preguntar qué fracción de una sustancia estaba disponible para interactuar con la diana, no solo cuánto se añadió al tubo. Unión a proteínas, precipitación y pérdidas en el sistema pueden cambiar esa disponibilidad. En extractos, múltiples componentes dificultan atribuir la respuesta a una sola molécula. [50]

Comparaciones que no se pueden hacer directamente

Miligramos por mL en un cultivo, miligramos por kg administrados a un animal y miligramos diarios por vía oral en una persona no son unidades intercambiables. Para relacionarlas se requieren datos farmacocinéticos, biodisponibilidad y contexto biológico. Una simple regla de tres no demuestra eficacia humana. Las revisiones de intervenciones con polifenoles muestran que estudiar absorción y estudiar efectos son tareas relacionadas pero diferentes. [55, 56]

Pregunta de estudio: si una molécula inhibe una enzima a 50 micromolar, ¿qué falta para evaluar relevancia? Debes conocer exposición alcanzable de la molécula o sus metabolitos, duración, tejido, fracción disponible, selectividad y seguridad. Si no hay esos datos, la conclusión adecuada es «actividad experimental», no «tratamiento demostrado».

CAPÍTULO 23

23. Farmacodinámica, mecanismo y evidencia clínica

Diana molecular y beneficio clínico

Un mecanismo describe una interacción o una secuencia causal propuesta. Un beneficio clínico requiere un desenlace relevante en una población definida. Reducir una señal inflamatoria en células no demuestra que mejore dolor, función o cicatrización en personas. Las intervenciones humanas con polifenoles deben evaluarse por sus propios resultados y no por la cantidad de mecanismos posibles enumerados en una revisión. [56]

Un modelo simple de respuesta saturable puede escribirse $E = E_{max} \times C/(EC_{50} + C)$. Es una herramienta matemática para pensar concentración y respuesta; no todos los extractos siguen esa forma. EC_{50} en ese modelo no describe por sí sola toxicidad, eficacia comparativa ni una dosis clínica. Un ajuste puede ser bueno y el mecanismo supuesto incorrecto.

Tradición, plausibilidad y demostración

Las categorías regulatorias de uso tradicional y uso bien establecido no deben mezclarse. La monografía de caléndula fundamenta determinados usos en tradición, con limitaciones de la evidencia clínica. Presentar esa evaluación como una demostración clínica sólida de cualquier crema de caléndula altera el significado de la fuente. [65]

Leer un ensayo

Registra población, intervención exacta, comparador, duración, desenlace principal y resultados adversos. Mira la diferencia entre grupos, no solo si un grupo «mejoró» respecto de su inicio. La recuperación espontánea, expectativas y cuidados concomitantes pueden explicar parte del cambio. Revisa pérdidas de seguimiento y si el análisis corresponde al plan anunciado.

En té verde existen ensayos con resultados favorables sobre ciertos parámetros y otros sin beneficio en desenlaces de fotoprotección bajo otras condiciones. Esa diversidad exige comparar diseños y preparados, no escoger el título que confirma una idea. [69, 70, 71]

Cómo escribir una conclusión proporcionada

«Este estudio apoya investigar...» no equivale a «este producto trata...». Una conclusión puede ser interesante aunque sea negativa: delimita condiciones donde no se observó el efecto. No se debe ocultar un resultado negativo porque contradice un mecanismo atractivo.

CAPÍTULO 24

24. Toxicología, interacciones y límites del uso doméstico

Natural y concentrado son preguntas distintas

La seguridad depende de sustancia, dosis, vía, duración y susceptibilidad. Un alimento, un té y un suplemento concentrado no generan necesariamente la misma exposición. EFSA encontró señales de elevación de enzimas hepáticas con suplementos de catequinas de té verde a determinadas exposiciones altas y no estableció una dosis de suplemento universalmente segura. El valor de 800 mg/día de EGCG examinado en esa evaluación no debe interpretarse como frontera por debajo de la cual todo es seguro. [68]

Interacciones

Una planta puede modificar enzimas o transportadores que afectan otros medicamentos; también puede sumar efectos farmacológicos. La hierba de San Juan constituye un ejemplo documentado de interacciones relevantes. La lista de medicamentos, productos herbarios y suplementos debe evaluarse de forma conjunta, especialmente con tratamientos de margen estrecho. [78]

Riesgos específicos del material

La presencia de ciertos alcaloides pirrolizidínicos exige atención a identidad y contaminación. En boldo, no se debe trasladar la evaluación de la hoja y de preparados específicos al aceite esencial u otros concentrados; el informe de EMA considera constituyentes relevantes para seguridad, incluido ascaridol. [30, 66, 67]

Qué no se puede concluir de una prueba casera

La ausencia de irritación inmediata no excluye sensibilización, toxicidad sistémica o efectos tras exposición repetida. Un parche doméstico no sustituye evaluación clínica ni validación toxicológica del producto. Los métodos de irritación y evaluación de seguridad responden a preguntas específicas y no son intercambiables. [63, 64]

En este manual, las prácticas de extracción son ejercicios analíticos sin administración. Para preparar un medicamento con finalidad terapéutica se requieren identificación, monografía o evidencia aplicable, calidad, dosis, contraindicaciones y supervisión profesional cuando corresponde. No se extrapolan dosis entre extractos, ni se ofrecen protocolos para concentrar plantas de riesgo.

EL FLOEMA · CAPÍTULOS 25-29

VI

La piel y los preparados

Barrera cutánea, formulación y casos



CAPÍTULO 25

25. Piel: estructura, barrera y bioquímica relevante

Una barrera organizada

El estrato córneo contiene corneocitos y una matriz lipídica organizada. Ceramidas, colesterol y ácidos grasos libres participan en sus propiedades. No es una película de grasa homogénea: composición y organización influyen en permeabilidad y función. El sebo superficial tiene otra composición y no debe confundirse con los lípidos intercelulares de la barrera. [58, 59]

La función cutánea integra diferenciación epidérmica, lípidos, agua y defensa. Alterar una de estas dimensiones puede cambiar las demás. Que una sustancia sea lipófila no implica que «repare la barrera» ni que llegue al sitio biológico que interesa. La evaluación necesita medir el efecto en el contexto del producto. [58, 59]

Qué significa mejorar la piel

Hidratación, pérdida transepidérmica de agua, eritema, pigmentación, elasticidad y síntomas son desenlaces diferentes. Una mejora instrumental no debe renombrarse automáticamente como regeneración celular o aumento de colágeno. Si el mecanismo propuesto implica dermis, hay que demostrar exposición pertinente y una respuesta compatible; depositarse en superficie no prueba llegada a fibroblastos. [60, 61, 62]

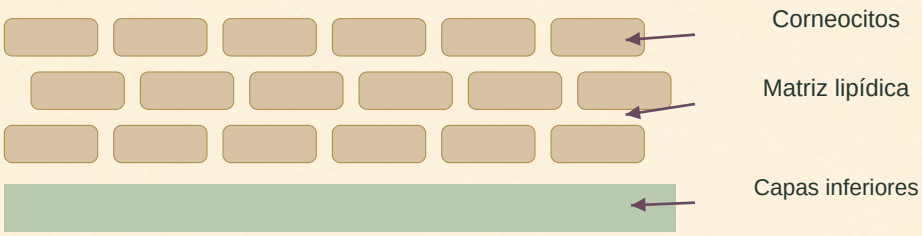
Inflamación y estrés oxidativo

Las rutas celulares son redes: una disminución de un marcador puede reflejar efecto específico, cambios de viabilidad o interferencia analítica. El lenguaje «activa» o «inhibe» una ruta requiere describir qué se midió. Un ensayo con una molécula purificada no establece la misma respuesta en un extracto variable ni en una crema que la contiene nominalmente. [50, 51, 72]

La pregunta de formulación debe unir mecanismo y localización: ¿se busca una acción superficial, en estrato córneo, en epidermis viable o sistémica? Esa decisión cambia el diseño de exposición y los requisitos de seguridad. «Que penetre más» no es siempre un objetivo deseable.

CUADERNO VISUAL

Estrato córneo: organización, no una película uniforme



Esquema simplificado, sin escala anatómica.

Organización simplificada de la barrera. Los bloques representan corneocitos y los espacios, matriz lipídica; no reproduce proporciones ni todas las capas. [58, 59]

CAPÍTULO 26

26. Penetración cutánea y diseño de un estudio

Tamaño, afinidad y vehículo

La conocida regla de 500 daltons es una orientación sobre penetración, no una garantía para cada molécula ni una frontera absoluta. El tamaño se combina con afinidad por fases, ionización, concentración disponible, vehículo y condición de la piel. Un compuesto pequeño puede penetrar poco por otras razones. [60]

Los estudios de absorción in vitro emplean piel entre compartimentos donante y receptor. Deben considerar integridad, condiciones del receptor, aplicación y recuperación del material en distintos compartimentos. Medir solo la cantidad que aparece en el receptor puede omitir retención en la piel y otras pérdidas. [61]

Dosis finita e infinita

En una dosis finita el vehículo puede evaporarse y la disponibilidad cambiar con el tiempo. Una aplicación abundante que mantiene condiciones distintas no simula necesariamente el uso real. El estudio de 56 sustancias cosméticas muestra perfiles diferentes y la importancia de procesos como evaporación, precipitación y retención. [62]

Balance de recuperación didáctico

Se aplican ficticiamente 100 microgramos. Se recuperan 12 en receptor, 18 en piel, 60 en lavado superficial y 4 en el aparato: total 94. Faltan 6. La recuperación es 94 %; la cantidad en receptor es 12 %, pero no debe llamarse automáticamente toda la fracción absorbida sin la definición del protocolo. La aceptación del balance debe seguir el método aplicable, no un límite inventado aquí.

Del experimento a la afirmación

Encontrar una sustancia en piel no demuestra beneficio. Encontrarla en receptor tampoco significa que sea adecuada o segura. Un estudio de penetración responde dónde y cuánto se recupera bajo condiciones específicas; la eficacia y la seguridad necesitan sus propias pruebas. [61, 63]

CAPÍTULO 27

27. Cosmética y formulación con extractos

El ingrediente entra en un sistema

Al incorporar un extracto cambian solventes, electrolitos, pH, color y potencialmente estabilidad física o microbiológica. El comportamiento depende de su composición real y del vehículo. La ficha del proveedor debe permitir conocer extracto nativo, soportes, solventes y especificaciones. Llamar «activo al 5 %» a una mezcla sin definir su contenido oculta qué cantidad de material vegetal llega a la fórmula. [43, 46, 63]

Cálculo de incorporación

Ejemplo ficticio: un ingrediente contiene 20 % de extracto nativo, y este contiene 2 % de un marcador. El ingrediente comercial tiene 0,4 % de marcador. Si se usa al 3 % en una fórmula, el contenido nominal final del marcador es 0,012 %, equivalente a 120 mg/kg. No es 2 % ni 0,4 %. Este cálculo supone conservación de la sustancia y mezcla homogénea; no prueba que permanezca estable o biodisponible.

Tres niveles de evaluación

Primero, compatibilidad física y química: separación, precipitación, pH y degradación. Segundo, seguridad del ingrediente y de la exposición prevista. Tercero, prueba de la afirmación del producto final. La evidencia de una materia prima no reemplaza automáticamente un estudio de eficacia de la fórmula terminada. [46, 63]

Conservación y afirmaciones

Un extracto con actividad antimicrobiana en un ensayo no es automáticamente un conservante eficaz en una emulsión. La concentración libre, el reparto entre fases y la carga inicial pueden modificar su desempeño. La protección microbiológica debe demostrarse con pruebas adecuadas al producto; aquí no se propone un sistema conservante universal. [44, 50, 63]

Un ingrediente botánico tampoco confiere por sí solo fotoprotección demostrada. Los resultados clínicos de catequinas orales no autorizan a formular un protector solar casero ni a sustituir una protección evaluada. La relación entre preparado, vía y desenlace debe mantenerse explícita. [69, 70, 71]

CAPÍTULO 28

28. Casos integradores: romero, maqui y caléndula

Romero: una especie, objetivos químicos distintos

Pregunta central: ¿qué queremos recuperar? El estudio de extracción hidroalcohólica de romero mostró que las condiciones más favorables para ácido rosmarínico y ácido carnósico no coincidían. Por tanto, «mejor extracto» requiere un objetivo. El estudio de déficit hídrico añade que la materia prima también cambia: no basta estandarizar el solvente si el perfil inicial es variable. [36, 42]

Ficha de investigación propuesta: identificar especie y órgano; registrar estado fenológico y secado; cuantificar ambos analitos con método apropiado; calcular recuperación por masa vegetal; evaluar productos de transformación relevantes. La conclusión sobre uso humano se mantiene separada: estos trabajos no comparan directamente tratamientos clínicos.

Maqui: maduración, pigmentos y estabilidad

El fruto de Aristotelia chilensis permite conectar desarrollo y antocianinas. El trabajo de Fredes estudió etapas de maduración y mostró diferencias de composición y respuesta antioxidante química. Para convertirlo en una decisión de proceso se necesitan además variación entre lotes, rendimiento, estabilidad y finalidad del producto. [37]

Una preparación intensamente coloreada no garantiza mayor concentración de cada antocianina ni mayor beneficio. Cambios de pH o asociaciones moleculares pueden modificar el color. Un perfil cromatográfico y una medida de degradación responden mejor a preguntas de composición que una fotografía del líquido. [53, 54]

Caléndula: distinguir tradición y evidencia

La EMA describe usos tradicionales de ciertas preparaciones de Calendula officinalis para inflamaciones leves de piel y mucosas y ayuda en heridas menores. La evaluación señala limitaciones de estudios clínicos. Esto no se debe convertir en «cualquier extracto de caléndula cicatriza cualquier lesión». Se deben respetar preparado, uso y precauciones de la fuente. [65]

Para un dossier científico, separa la composición que se haya medido, las actividades experimentales y el respaldo de uso. Si un artículo atribuye una señal a una fracción, no transfieras el resultado a toda crema comercial. Esta ficha no añade porcentajes de faradiol ni dosis porque no se han verificado aquí datos suficientes para establecerlos.

CAPÍTULO 29

29. Casos integradores: té verde, boldo y otras monografías

Té verde: mecanismo plausible, resultados no uniformes

Un ensayo en mujeres informó cambios favorables en parámetros cutáneos con polifenoles de té verde. Otros ensayos no encontraron protección en desenlaces específicos de inflamación o daño de ADN inducido por radiación bajo sus condiciones. Los estudios no son intercambiables: preparado, población, exposición y desenlaces deben compararse. [69, 70, 71]

Un estudio de EGCG y acné combinó investigación de mecanismos con evaluación clínica de una preparación tópica. No prueba que lavarse con té tenga el mismo efecto. Además,

los datos de seguridad de suplementos concentrados recuerdan que una sustancia con señales de beneficio puede tener riesgos por otra vía o exposición. [68, 72]

Boldo: la parte y el preparado importan

La evaluación de Peumus boldus se refiere a hoja y preparados específicos para usos tradicionales digestivos. La EMA recoge restricciones relacionadas con problemas hepatobiliares. El aceite esencial y concentrados distintos no heredan automáticamente esa evaluación; el informe analiza constituyentes de preocupación. [66, 67]

Menta, valeriana y salvia: cómo ampliar sin inventar

Las páginas de EMA para hoja de menta, raíz de valeriana y hoja de salvia permiten acceder a monografías e informes. Antes de construir una ficha, comprueba qué versión es final y cuál es borrador, el preparado cubierto y la categoría de evidencia. No combines en una sola afirmación la hoja, el aceite esencial y un extracto de distinta relación o solvente. [73, 74, 76]

La revisión de NIH sobre valeriana es una lectura complementaria para estudiar limitaciones de ensayos y seguridad. Una monografía institucional y una revisión clínica pueden tener preguntas y fechas diferentes: sus conclusiones deben compararse sin ocultar el contexto. [75]

En Chile, la información de MINSAL sobre medicamentos herbarios tradicionales aporta contexto local. Reconocer tradición y regulación no reemplaza evidencia clínica específica ni una identificación rigurosa de la especie. El manual no pretende declarar vigencia legal de todos los usos o productos en Chile. [77]

EL FLOEMA · CAPÍTULOS 30-36

VII

Aprender a investigar

Biblioteca, modelos y cuaderno práctico



CAPÍTULO 30

30. Leer un artículo completo y construir una biblioteca fiable

De la búsqueda a la extracción de datos

Empieza por una pregunta delimitada: especie, órgano, compuesto o preparado, proceso y resultado. Usa sinónimos taxonómicos y químicos; combina términos de biosíntesis, localización, extracción, seguridad y clínica según la pregunta. Esta estrategia es una propuesta de trabajo, no una revisión sistemática ya realizada.

Guarda título exacto, autores según el registro, año, DOI o identificador, URL, tipo documental y nivel de acceso. Un título plausible no basta: verifica que existe y que corresponde al artículo. Si solo tienes resumen, marca ese límite y no atribuyas detalles de métodos o tablas que no pudiste consultar.

Fuente, pasaje y afirmación

Para tu base de datos, conserva tres objetos: fuente, pasaje localizable y afirmación derivada. Un resumen escrito por IA no es una cita literal del artículo. Debe etiquetarse como síntesis y vincularse al pasaje que permite comprobarlo. Mantén campos separados para tipo de evidencia, condiciones, limitaciones y estado de revisión.

Un DOI normalizado ayuda a detectar duplicados, pero no todos los documentos tienen DOI. Usa además identificadores PubMed, URL canónica y coincidencia de título, autor y año. Guarda versiones y no confundas preprint con artículo final. Un mismo estudio puede generar varias publicaciones: no siempre son muestras independientes.

Jerarquía práctica de confianza

Un texto universitario es útil para fundamentos; una revisión orienta una red de estudios; un experimento primario permite evaluar métodos; una monografía institucional integra evidencia para una finalidad concreta. Ninguna categoría garantiza que cada frase sea correcta. Evalúa pertinencia, diseño y relación directa con la afirmación.

Criterio para tus agentes

Una respuesta debe poder devolver no solo una referencia sino el fragmento o sección que la respalda. Si no existe apoyo suficiente, debe decirlo. No completes automáticamente «función en la planta» usando «efecto en humanos». No etiquetes una afirmación como revisada solo porque tiene un DOI. Esta política de trazabilidad es una propuesta para El Floema y requiere implementación y revisión humana; no se afirma que ya esté instalada en tu biblioteca.

CAPÍTULO 31

31. Profundización: metabolómica, flujos y regulación

Medir muchas señales no es identificar muchas moléculas

La metabolómica puede generar numerosas características instrumentales. Una característica no equivale necesariamente a una sustancia única: pueden aparecer aductos, fragmentos o señales relacionadas. Los estándares MSI distinguen niveles de identificación y recomiendan documentar preparación, análisis, control de calidad y procesamiento. Una anotación tentativa basada en biblioteca no se debe presentar como identificación confirmada con estándar auténtico. [85]

El flujo de trabajo exige blancos, muestras de control y seguimiento de deriva instrumental. El orden de análisis puede confundir tratamiento con tiempo si todas las muestras de un grupo se procesan primero. Los datos requieren describir normalización, alineación, manejo de ausencias y criterios para seleccionar señales. Un gráfico que separa grupos no demuestra qué molécula causa la separación ni su relevancia biológica. [85]

Concentración frente a flujo

Imagina un depósito de 10 litros. Puede recibir y perder 1 litro por hora o recibir y perder 20. El volumen se mantiene igual, pero el flujo es distinto. En metabolismo ocurre una distinción análoga: tamaño del conjunto de metabolitos y velocidad de transformación son magnitudes distintas. El análisis de flujo combina balances y, frecuentemente, trazadores isotópicos con modelos. [86, 87]

En plantas, la mezcla de tejidos y compartimentos complica la interpretación. Un marcador isotópico puede incorporarse a distintas rutas y llegar a productos con velocidades

diferentes. La distribución temporal de marcaje añade información que una concentración aislada no contiene. Se deben declarar hipótesis de estado estacionario, red considerada y limitaciones de identificabilidad. [86]

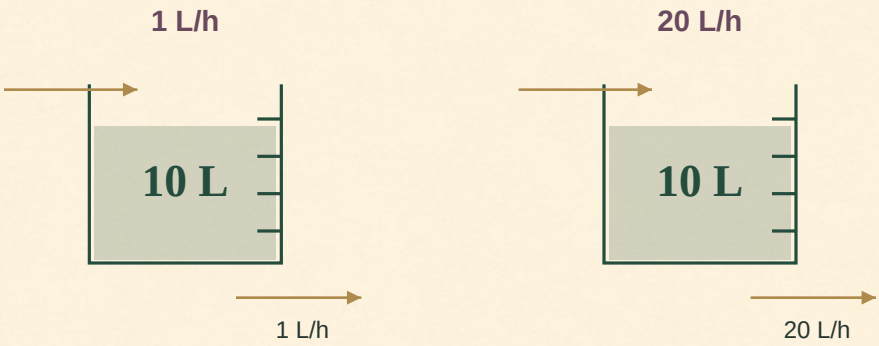
Modelo mínimo de renovación

Para un depósito homogéneo, estable y con entrada marcada idealizada, una aproximación es f(t) = 1 - exp(-k t), donde f es fracción marcada. Si la semivida de incorporación es 10 minutos, k = ln(2)/10 = 0,0693 por minuto. Para un depósito ficticio de 100 nmol, un flujo de renovación compatible con ese modelo sería 6,93 nmol/min. Si hay varios compartimentos o la entrada no se marca instantáneamente, esa interpretación puede fallar. El ejemplo es una construcción matemática, no un resultado vegetal. [87]

Expresión no equivale a actividad

Encontrar más transcrito de una enzima es información sobre regulación, pero no mide automáticamente proteína activa, disponibilidad de sustrato o flujo. Para sostener una cadena causal se buscan datos convergentes. Transportadores y localización pueden limitar una ruta aunque se aumente una enzima. La regulación de terpenoides y la compartimentación ofrecen ejemplos de esta complejidad. [18, 26]

CUADERNO VISUAL



Mismo volumen; distinta velocidad de renovación.

Analogía del capítulo 31: un depósito puede conservar el volumen con velocidades de renovación diferentes. Los valores son didácticos, no datos vegetales. [86, 87]

CAPÍTULO 32

32. Profundización: interacciones y diseño experimental

Sinergia requiere un modelo de referencia

Una mezcla más activa que uno de sus componentes no demuestra sinergia. Debe compararse con la respuesta esperada bajo un modelo definido de ausencia de interacción. La conclusión puede variar según concentraciones, proporciones y modelo; un único punto no describe toda la superficie de respuesta. También puede existir antagonismo. [88]

Ejemplo matemático con independencia de efectos tipo Bliss: si A inhibe una fracción 0,20 y B una fracción 0,30, la inhibición combinada esperada bajo ese modelo es 0,20 + 0,30 - (0,20 × 0,30) = 0,44. Observar 0,45 no prueba una interacción importante: se necesita variabilidad, controles y un análisis apropiado. Esta cuenta no autoriza mezclar plantas para tratamiento.

Diseño factorial de una extracción

Propuesta didáctica: estudiar dos factores, proporción de solvente y tiempo, cada uno con dos niveles justificados por bibliografía y seguridad. Se obtienen cuatro combinaciones. Añadir réplicas biológicas o de proceso permite estimar variación; repetir inyecciones solo informa una parte del error. Aleatoriza el orden y bloquea por día si el proceso ocupa varias jornadas.

Supón rendimientos ficticios de un analito: solvente bajo/tiempo corto = 20; bajo/largo = 30; alto/corto = 40; alto/largo = 42 mg por lote. El efecto de alargar tiempo es 10 con solvente bajo y 2 con solvente alto. Esa diferencia sugiere una interacción entre factores en estos datos. No conviene describir un «efecto universal del tiempo» sin considerar el solvente. Sin réplicas, todavía no se conoce la incertidumbre.

Evitar la optimización de una sola dimensión

Un máximo de recuperación puede coincidir con más degradación, costos o contaminantes. Construye una función de decisión que incluya requisitos mínimos y objetivos secundarios. Si se usa una puntuación ponderada, declara las ponderaciones: cambiar cuánto valoras cada criterio puede cambiar el ganador. Esta es una decisión de diseño, no un descubrimiento sobre superioridad terapéutica.

Calidad del reporte clínico

La extensión de CONSORT para intervenciones herbarias destaca la necesidad de describir adecuadamente la intervención. Un nombre vegetal sin composición, preparación y control de calidad dificulta reproducir y comparar ensayos. Es una norma de reporte, no una garantía de que el diseño o la conclusión sean correctos. [89, 90]

CAPÍTULO 33

33. Cuaderno práctico: seis trabajos de estudio

Trabajo 1. Identidad y anatomía documental

Objetivo: construir una ficha verificable de una especie cultivada conocida, sin consumirla. Registra nombre, órgano, fecha, origen y responsable de identificación; dibuja una hoja y un segmento de tallo con sus caracteres observados. En floración, distingue sépalos, pétalos, estambres y carpelos cuando estén presentes. Una flor completa presenta esos verticilos; las flores reales varían y no deben forzarse al modelo. [3, 5, 84]

Entrega: ficha, fotografías propias o dibujos, incertidumbres y comparación con una descripción botánica fiable. Criterio de evaluación: no confundir lo que observaste con lo que supones. La documentación de cultivo y recolección forma parte de la calidad del material, como señalan las guías GACP. [82, 83]

Trabajo 2. Reconstrucción de una ruta

Escoge ácido rosmarínico o una rama de flavonoides. Dibuja precursores y reacciones que puedas respaldar. Para cada flecha anota enzima, compartimento si se conoce y referencia. Usa líneas discontinuas para pasos inciertos o variantes y no dibujes una estructura molecular de memoria si no puedes verificarla. [19, 20, 23, 24, 25]

Entrega: una página de ruta y otra de interpretación. Debes responder qué se ha demostrado en la especie estudiada y qué proviene de otro organismo. Una ruta publicada para un modelo no debe presentarse como caracterización completa de tu planta.

Trabajo 3. Comparación de dos extracciones publicadas

No realices inicialmente la extracción: reconstruye dos métodos a partir de artículos. Compara masa y base de humedad, tamaño de partícula, solvente, tiempo, temperatura, filtración, concentración y método analítico. Marca «no informado» donde falten datos. Usa la revisión de métodos como mapa de técnicas y el artículo de romero como ejemplo de objetivos distintos. [40, 41, 42]

Entrega: tabla comparativa y una conclusión de 200 palabras. Una buena conclusión puede ser que no existe información suficiente para establecer equivalencia. No rellenes los campos vacíos con procedimientos habituales de otro laboratorio.

Trabajo 4. Ensayo de laboratorio supervisado

Objetivo: evaluar reproducibilidad de un procedimiento ya aprobado por el laboratorio con material identificado y solventes apropiados. Prepara un plan escrito, usa equipos adecuados, documenta residuos y no destines los extractos a ingestión ni aplicación. Define antes el analito o la variable medible y los controles.

Realiza preparaciones independientes bajo el mismo procedimiento; registra masas y volúmenes reales. Analiza variabilidad y busca si proviene del muestreo, la extracción o el instrumento. No atribuyas a «variación de la planta» errores de pesada o de dilución. Para métodos oficiales de control de materiales herbarios, consulta el manual de OMS y las especificaciones aplicables. [81, 44]

Trabajo 5. Estabilidad con un conjunto de datos

Usa los datos ficticios siguientes para practicar: día 0, 100 unidades; día 10, 94; día 20, 89; día 30, 83. Representa concentración frente a tiempo y logaritmo de concentración frente a tiempo. Compara si la relación parece lineal en alguna representación, calcula residuos y evita declarar un mecanismo solo porque hay cuatro puntos.

Entrega: gráfico, modelo elegido, supuestos y límites. Propón qué puntos adicionales y réplicas permitirían evaluar el modelo. La estabilidad física, química y microbiológica exigiría más variables que esta serie simplificada. [15, 46]

Trabajo 6. Dossier crítico de uso humano

Escoge un preparado de una monografía, no «una planta para todo». Resume composición descrita, vía, indicación, tipo de respaldo y limitaciones. Añade un ensayo pertinente si existe y contrasta si estudió el mismo material. Para té verde, utiliza al menos un resultado favorable y uno negativo; para caléndula, explica qué significa uso tradicional. [65, 69, 70, 71]

Entrega: dos páginas con una conclusión graduada: qué se puede afirmar, qué no y qué estudio faltaría. No incluyas una pauta de tratamiento inventada. La evaluación se centra en fidelidad a las fuentes, no en que la conclusión sea favorable.

CAPÍTULO 34

34. Problemas resueltos y autoevaluación

Problema 1. Rendimiento y recuperación

Datos ficticios: 250 g secos contienen 4 mg/g de X. Se obtienen 25 g de extracto a 28 mg/g. Calcula cantidad inicial, cantidad recuperada, rendimiento, recuperación y enriquecimiento.

Solución: inicial = 250 × 4 = 1.000 mg. Recuperada = 25 × 28 = 700 mg. Rendimiento = 25/250 × 100 = 10 %. Recuperación = 700/1.000 × 100 = 70 %. Enriquecimiento = 28/4 = 7 veces. La relación de masa vegetal a extracto nativo es 10:1 bajo los datos dados. Ninguno de esos resultados prueba potencia clínica.

Problema 2. Dos cosechas con humedad distinta

Datos: A tiene 80 % de agua y 1,5 mg/g fresco; B tiene 60 % de agua y 2 mg/g fresco. Solución: A equivale a 1,5/0,20 = 7,5 mg/g seco; B a 2/0,40 = 5 mg/g seco. En base fresca B parece mayor; en base seca A es mayor. Para saber qué lote aporta más analito todavía necesitas la masa total disponible.

Problema 3. Dosis nominal de ingrediente

Un producto ficticio lleva 2 g de ingrediente comercial por cada 100 g. El ingrediente contiene 10 % de extracto nativo y este tiene 5 % de marcador. Solución: fracción de marcador = 0,02 × 0,10 × 0,05 = 0,0001. Equivale a 0,01 % del producto o 100 mg/kg. El resultado es contenido nominal, no cantidad absorbida.

Problema 4. Ionización

Para un ácido monoprótico ficticio de pKa 5, calcula la fracción no ionizada a pH 4, 5 y 6. Solución: 90,9 %, 50 % y 9,1 %, respectivamente, usando el modelo del capítulo 5. Si cambias a una base cuyo ácido conjugado tiene ese pKa, no puedes conservar la misma interpretación. Tampoco debes extrapolar estos porcentajes sin más a mezclas hidroalcohólicas.

Problema 5. Variabilidad

Tres preparaciones independientes arrojan 8, 10 y 12 mg/g. Media = 10 mg/g. Desviación estándar muestral = raíz de [(4 + 0 + 4)/(3 - 1)] = 2 mg/g. Coeficiente de variación = 20 %. Si esos valores fueran tres inyecciones del mismo vial, describirían otro nivel de variabilidad. El número de observaciones no basta: importa qué unidad se repitió.

Problema 6. Promedios que esconden un problema

Un lote contiene dos submuestras a 2 y 18 mg/g; otro, dos a 9 y 11 mg/g. Ambos promedian 10 mg/g. No tienen la misma homogeneidad. Con tan pocas submuestras no se caracteriza completamente ninguno; el ejemplo demuestra por qué el promedio sin dispersión puede ocultar diferencias importantes.

Problema 7. Incertidumbre de un producto de medidas

En un ejemplo ideal de errores independientes y pequeños, una concentración tiene incertidumbre relativa estándar de 4 % y una masa de 3 %. La incertidumbre relativa de su producto se aproxima a raíz de $(0{,}04^2 + 0{,}03^2) = 5$ %. No se suman siempre los porcentajes de forma directa. Si los errores están correlacionados o son grandes, el modelo requiere ajustes. Esta es una práctica matemática, no un presupuesto completo de incertidumbre analítica.

Problema 8. Interpretación de evidencia

Se observa que un extracto disminuye 60 % una señal fluorescente de células y también reduce 55 % la señal en una mezcla sin células. Solución: existe una interferencia potencial importante. No se puede atribuir toda la disminución a la respuesta celular. Deben revisarse controles y una lectura ortogonal. [50, 51]

Problema 9. Qué significa un ensayo negativo

Un ensayo no detecta diferencia entre grupos en su desenlace principal. ¿Prueba que la planta no tiene ninguna actividad? No. Informa que no se demostró el efecto estudiado con ese preparado, población y diseño; también deben examinarse precisión y potencia. Tampoco permite afirmar eficacia basándose solo en mejoras dentro de un grupo. Los ensayos de té verde permiten practicar esta lectura. [69, 71]

Problema 10. Pregunta de integración

Una publicidad afirma: «Más oscuro, más concentrado, más potente y más seguro». Identifica los saltos. Color no equivale a concentración de cada analito; concentración no equivale a exposición útil; actividad no equivale a beneficio clínico; potencia no equivale a seguridad. Propón una medición independiente para cada afirmación. Las fuentes de estabilidad, farmacocinética y seguridad ofrecen marcos para responder. [53, 54, 55, 68]

CAPÍTULO 35

35. Glosario operativo

Conceptos para usar con precisión

Aglicona: porción no azucarada de un glucósido. Analito: componente que se busca identificar o medir. Bioensayo: evaluación de una respuesta en un sistema biológico definido. Biodisponibilidad: concepto referido al acceso de una sustancia a la circulación o al sitio pertinente según el contexto; no se deduce solo de su contenido vegetal. [17, 48, 55]

Compartimentación: distribución de procesos y sustancias entre espacios celulares. Extracto nativo: material extractivo sin los excipientes añadidos que pueda contener un ingrediente comercial. Huella cromatográfica: patrón obtenido bajo un procedimiento definido. Marcador: sustancia usada con una finalidad analítica o de control que debe explicitarse. [18, 45, 46]

Fenología: descripción de etapas recurrentes del desarrollo, relevante al documentar cosecha. GACP: buenas prácticas agrícolas y de recolección. Lote: unidad de material definida por su producción o procesamiento y por un sistema de trazabilidad. La definición operativa debe quedar documentada. [38, 82, 83]

Precisión: proximidad entre resultados repetidos bajo condiciones especificadas. Exactitud: relación entre el resultado y un valor de referencia aceptado, según la terminología del

procedimiento. Robustez: respuesta del método frente a pequeñas variaciones deliberadas. Selectividad: capacidad de evaluar el analito en presencia de otros componentes. [49]

Recuperación: fracción del analito inicial obtenida o medida bajo el procedimiento. Rendimiento: fracción de masa obtenida respecto de la materia de partida, con bases declaradas. Estabilidad: conservación de atributos pertinentes dentro de condiciones y tiempo definidos. Tradicional: categoría de respaldo de uso que no debe renombrarse como prueba clínica concluyente. [43, 44, 45, 46, 47, 65]

Abreviaturas

ADME: absorción, distribución, metabolismo y eliminación. CHS: chalcona sintasa. DFR: dihidroflavonol reductasa. EGCG: epigalocatequina-3-galato. HPLC: cromatografía líquida de alta resolución. LC-MS: cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas. MEP: metileritritol fosfato. MVA: mevalonato. PAL: fenilalanina amonio-liasa. RAS: rosmarínico ácido sintasa. RMN: resonancia magnética nuclear. Estas abreviaturas se interpretan según el contexto de las fuentes de los capítulos correspondientes.

CAPÍTULO 36

36. Mapa de profundización y límites de esta edición

Una secuencia para ampliar el nivel

Para botánica, continúa con los capítulos completos de OpenStax sobre estructura y reproducción; practica descripción y consulta materiales taxonómicos especializados para cada flora. Para bioquímica, estudia primero las revisiones de rutas y luego los experimentos que identifican enzimas o funciones. Para control de calidad, trabaja los manuales de OMS junto con métodos validados y práctica de laboratorio. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 81, 84]

Para extractos, reproduce en papel balances y métodos antes de intentar experimentos supervisados. Para usos humanos, lee monografía e informe de evaluación completos, y después estudios clínicos del preparado pertinente. Para cosmética, añade evaluación de exposición, formulación, absorción y seguridad; no deduzcas eficacia del aspecto de un ingrediente. [38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76]

Lo que exige una monografía enciclopédica completa por especie

Una futura ficha extensa debería contener taxonomía y diagnóstico diferencial; distribución y conservación; órganos utilizados; histología y estructuras secretoras; variabilidad química; rutas biosintéticas demostradas; funciones ecológicas; métodos de cosecha y procesamiento respaldados; perfiles analíticos; preparados estudiados; evidencia por indicación; toxicidad, interacciones y restricciones; vacíos y bibliografía primaria. No todas las especies disponen de datos para cada apartado.

Este volumen no contiene monografías exhaustivas de todas las plantas ni protocolos clínicos individuales. Tampoco reemplaza una farmacopoeia, una formación de laboratorio o una evaluación regulatoria. Sus casos se eligieron para enseñar a conectar las preguntas y reconocer dónde termina la evidencia. Las fuentes complementarias permiten profundizar, pero no se afirma haber auditado cada referencia interna de esos documentos.

Auditoría propuesta antes de publicar el libro comercial

Cada afirmación clínica debe revisarse contra la fuente y la preparación exacta; cada figura anatómica o molecular, contra un patrón verificable; cada dosis, si alguna vez se incorpora, contra monografía aplicable y evaluación profesional. Deben revisarse licencias de imágenes, actualidad de normas, alertas y retractaciones. Esta revisión editorial no está declarada completa por la existencia de este PDF de estudio.

Cómo actualizar sin perder trazabilidad

Mantén número de edición, registro de cambios y fecha de consulta. Si una fuente cambia de estado, conserva el historial y corrige las afirmaciones vinculadas. No borres una incertidumbre simplemente porque otra fuente repite la misma frase. La meta es que una lectora pueda reconstruir el razonamiento y comprobar el respaldo.

Bibliografía y documentos de consulta

Las entradas corresponden a fuentes identificadas durante la preparación de esta edición. Se indica cuando el acceso utilizado fue un registro o resumen; en las entradas PMC, la disponibilidad de texto completo no equivale a haber auditado cada sección y referencia interna. Se omiten autores o metadatos que no se confirmaron, en lugar de completarlos por suposición. Los enlaces permiten recuperar la identidad bibliográfica exacta. Consulta de enlaces: noviembre de 2026.

Los manuales y guías tienen finalidades y fechas distintas. Una guía de 2003 o una revisión de 2005 se conserva como referencia conceptual, no como afirmación de que sea la norma vigente más reciente. Los textos institucionales no se interpretan aquí como asesoría legal. Los ejercicios, diagramas conceptuales y propuestas de estudio son elaboraciones didácticas de este manual.

[1] OpenStax. Biology 2e, 25.1: Early Plant Life. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/biology-2e/pages/25-1-early-plant-life

[2] OpenStax. Biology 2e, 30.1: The Plant Body. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/biology-2e/pages/30-1-the-plant-body

[3] OpenStax. Biology 2e, 30.2: Stems. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/biology-2e/pages/30-2-stems

[4] OpenStax. Biology 2e, 30.3: Roots. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/biology-2e/pages/30-3-roots

[5] OpenStax. Biology 2e, 30.4: Leaves. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/biology-2e/pages/30-4-leaves

[6] OpenStax. Biology 2e, 30.5: Transport of Water and Solutes in Plants. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/biology-2e/pages/30-5-transport-of-water-and-solutes-in-plants

[7] OpenStax. Biology 2e, 8.3: Using Light Energy to Make Organic Molecules. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/biology-2e/pages/8-3-using-light-energy-to-make-organic-molecules

[8] An update on phloem transport: a simple bulk flow under complex regulation. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5721935/

[9] Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3721551/

[10] Glandular trichomes: new focus on horticultural crops. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8245418/

[11] Secreting Glandular Trichomes: More than Just Hairs. Plant Physiology. 1991;96:675-679.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1080829/pdf/plntphys00694-0015.pdf

[12] OpenStax. Chemistry 2e, 10.1: Intermolecular Forces. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/10-1-intermolecular-forces

[13] OpenStax. Chemistry 2e, 14.3: Relative Strengths of Acids and Bases. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/14-3-relative-strengths-of-acids-and-bases

[14] OpenStax. Chemistry 2e, 14.6: Buffers. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/14-6-buffers

[15] OpenStax. Chemistry 2e, 12.5: Collision Theory. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/12-5-collision-theory

[16] Understanding metabolic diversification in plants: branchpoints in the evolution of specialized metabolism. Revisión científica; registro de texto completo PMC11439499.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11439499/

[17] Origin and Function of Structural Diversity in the Plant Specialized Metabolome. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8621143/

[18] Yao L et al. Subcellular compartmentalization in the biosynthesis and engineering of plant natural products. Biotechnology Advances. 2023. Registro y resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37722606/

[19] Structure and function of enzymes involved in the biosynthesis of phenylpropanoids. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2860624/

[20] The Flavonoid Biosynthesis Network in Plants. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8657439/

[21] The evolution of flavonoid biosynthesis. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11528363/

[22] The complexities of proanthocyanidin biosynthesis and its regulation in plants. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10030370/

[23] Petersen M et al. Evolution of rosmarinic acid biosynthesis. 2009. Registro y resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19560175/

[24] Rosmarinic Acid as Bioactive Compound: Molecular and Physiological Aspects of Biosynthesis with Future Perspectives. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12154477/

[25] General and specialized tyrosine metabolism pathways in plants. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9590561/

[26] Plant terpenoid biosynthetic network and its multiple layers of regulation. Revisión científica. Registro y resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38906423/

[27] Medically Useful Plant Terpenoids: Biosynthesis, Occurrence, and Mechanism of Action. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6864776/

[28] Biosynthetic pathways of triterpenoids and strategies to improve their Biosynthetic Efficiency. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8969394/

[29] ALKALOID BIOSYNTHESIS IN PLANTS: Biochemistry, Cell Biology, Molecular Regulation, and Metabolic Engineering Applications. 2001. Revisión; registro y resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11337391/

[30] Pyrrolizidine Alkaloids: Biosynthesis, Biological Activities and Occurrence in Crop Plants. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6385001/

[31] Tropane and Granatane Alkaloid Biosynthesis: A Systematic Analysis. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6274040/

[32] Steppuhn A et al. Nicotine's Defensive Function in Nature. PLoS Biology. 2004. DOI: 10.1371/journal.pbio.0020217. Investigación experimental.
https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0020217

[33] Li J et al. Arabidopsis Flavonoid Mutants Are Hypersensitive to UV-B Irradiation. 1993. DOI: 10.1105/tpc.5.2.171. Investigación experimental.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC160260/

[34] Haverkamp A et al. Hawkmoths evaluate scenting flowers with the tip of their proboscis. 2016. DOI: 10.7554/eLife.15039. Investigación experimental; resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27146894/

[35] Feild TS, Lee DW, Holbrook NM. Why Leaves Turn Red in Autumn. 2001. DOI: 10.1104/pp.010063. Investigación experimental; resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11598230/

[36] Munné-Bosch S, Schwarz K, Alegre L. Enhanced Formation of alpha-Tocopherol and Highly Oxidized Abietane Diterpenes in Water-Stressed Rosemary Plants. 1999. DOI: 10.1104/pp.121.3.1047. Investigación experimental; resumen PubMed. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10557254/

[37] Fredes C et al. Polyphenol content and antioxidant activity of maqui (Aristotelia chilensis [Molina] Stuntz) during fruit development and maturation in Central Chile. 2012. Investigación experimental. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-58392012000400019&script=sci_arttext

[38] WHO. Guidelines on good herbal processing practices for herbal medicines. Technical Report Series 1010, Annex 1. 2018. Guía técnica institucional. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/medicines/norms-and-standards/guidelines/production/trs1010-annex1-herbal-processing.pdf

[39] Thermal inactivation kinetics and effects of drying methods on the phenolic profile and antioxidant activities of chicory (Cichorium intybus L.) leaves. Scientific Reports. 2018;8:9529. DOI: 10.1038/s41598-018-27874-4. Investigación experimental. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29934537/

[40] Zhang QW, Lin LG, Ye WC. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. Chinese Medicine. 2018;13:20. DOI: 10.1186/s13020-018-0177-x. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5905184/

[41] Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. Revisión científica, texto completo en PMC. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5750618/

[42] Jacotet-Navarro M et al. What is the best ethanol-water ratio for the extraction of antioxidants from rosemary? Impact of the solvent on yield, composition, and activity of the extracts. Electrophoresis. 2018;39:1946-1956. DOI: 10.1002/elps.201700397. Resumen PubMed. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29292836/

[43] EMA. Guideline on quality of herbal medicinal products/traditional herbal medicinal products. Revision 3, 2022. Guía técnica institucional. https://www.ema.europa.eu/en/scientific-guidelines/quality-herbal-medicinal-products-traditional-herbal-medicinal-products

[44] EMA. Specifications: test procedures and acceptance criteria for herbal substances, herbal preparations and herbal medicinal products/traditional herbal medicinal products. Revision 3, 2022. https://www.ema.europa.eu/en/scientific-guidelines/specifications-test-procedures-acceptance-criteria-herbal-substances-herbal-preparations-herbal-medicinal-products-traditional-herbal-medicinal-products

[45] TGA. Substituting equivalent herbal extract ingredients in listed medicines. Guía técnica institucional. https://www.tga.gov.au/resources/guidance/substituting-equivalent-herbal-extract-ingredients-listed-medicines

[46] Health Canada. Quality of Natural Health Products Guide. Version 3.1, 2015. Guía técnica institucional.
https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-health-products/natural-non-prescription/legislation-guidelines/guidance-documents/quality-guide.html

[47] EMA. Guideline on quality of herbal medicinal products: herbal teas. EMA/HMPC/30603/2012, adoptada en 2016.
https://www.ema.europa.eu/system/files/documents/regulatory-procedural-guideline/wc500225537_en.pdf

[48] Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6270361/

[49] FDA/ICH. Q2(R2) Validation of Analytical Procedures. Guía final, marzo de 2024.
https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/q2r2-validation-analytical-procedures

[50] Problems that Can Occur when Assaying Extracts to Pure Compounds in Biological Systems. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8515388/

[51] How to Triage PAINS-Full Research. Artículo metodológico, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4841006/

[52] Seven Year Itch: Pan-Assay Interference Compounds (PAINS) in 2017-Utility and Limitations. Artículo metodológico, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5778390/

[53] Factors affecting the stability of anthocyanins and strategies for improving their stability: A review. Food Chemistry: X. 2024. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101883.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11497485/

[54] Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8750456/

[55] Manach C et al. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. American Journal of Clinical Nutrition. 2005. DOI: 10.1093/ajcn/81.1.230S. Resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15640486/

[56] Williamson G, Manach C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. 2005. Resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15640487/

[57] Scalbert A et al. Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. 2002. Revisión; resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12224598/

[58] Skin Lipid Barrier: Structure, Function and Metabolism. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11450438/

[59] Lipids and the Permeability and Antimicrobial Barriers of the Skin. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6139190/

[60] Bos JD, Meinardi MM. The 500 Dalton rule for the skin penetration of chemical compounds and drugs. 2000. DOI: 10.1034/j.1600-0625.2000.009003165.x. Resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10839713/

[61] OECD. Test No. 428: Skin Absorption: In Vitro Method. 2004. DOI: 10.1787/9789264071087-en. Guía experimental.
https://www.oecd.org/en/publications/test-no-428-skin-absorption-in-vitro-method_9789264071087-en.html

[62] Measurement of the penetration of 56 cosmetic-relevant chemicals into and through human skin using a standardized protocol. Investigación experimental, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7027575/

[63] SCCS. Notes of Guidance for the Testing of Cosmetic Ingredients and their Safety Evaluation. 12th revision, SCCS/1647/22, 2023, con corrigenda. Edición técnica consultada; no afirmación de última edición vigente.
https://health.ec.europa.eu/system/files/2023-12/sccs_o_273_final.pdf

[64] OECD. Test No. 439: In Vitro Skin Irritation: Reconstructed Human Epidermis Test Method. Guía experimental.
https://www.oecd.org/en/publications/test-no-439-in-vitro-skin-irritation-reconstructed-human-epidermis-test-method_9789264242845-en.html

[65] EMA. Calendulae flos. Resumen público, monografía e informe de evaluación asociados. Fuente institucional.
https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/calendulae-flos

[66] EMA. Boldi folium. Resumen público, monografía e informe de evaluación asociados. Fuente institucional.
https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/boldi-folium

[67] EMA. Assessment report on Peumus boldus Molina, folium. Informe de evaluación.
https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/final-assessment-report-peumus-boldus-molina-folium_en.pdf

[68] EFSA. Scientific opinion on the safety of green tea catechins. EFSA Journal. 2018. DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5239.
https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5239

[69] Farrar MD et al. A randomized controlled trial of green tea catechins in protection against ultraviolet radiation-induced cutaneous inflammation. American Journal of Clinical Nutrition. 2015;102:608-615. DOI: 10.3945/ajcn.115.107995.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4548173/

[70] Green tea polyphenols provide photoprotection, increase microcirculation, and modulate skin properties of women. Ensayo clínico, 2011. Resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21525260/

[71] Oral green tea catechins do not provide photoprotection from direct DNA damage induced by higher dose solar simulated radiation: A randomized controlled trial. 2018. Texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5785335/

[72] Yoon JY et al. Epigallocatechin-3-gallate improves acne in humans by modulating intracellular molecular targets and inhibiting P. acnes. Journal of Investigative Dermatology. 2013;133:429-440. Resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23096708/

[73] EMA. Menthae piperitae folium. Monografía y evaluación institucional.
https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/menthae-piperitae-folium

[74] EMA. Valerianae radix. Monografía y evaluación institucional.
https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/valerianae-radix

[75] NIH Office of Dietary Supplements. Valerian: Fact Sheet for Health Professionals. Revisión institucional.
https://ods.od.nih.gov/factsheets/Valerian-HealthProfessional/

[76] EMA. Salviae officinalis folium. Monografía y evaluación institucional.
https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/salviae-officinalis-folium

[77] Ministerio de Salud de Chile. Medicinas complementarias. Acceso institucional a información sobre medicamentos herbarios tradicionales.
https://www.minsal.cl/medicinas-complementarias/

[78] NCCIH. Herb-Drug Interactions: What the Science Says. Revisión institucional, copia servida por su infraestructura web.
https://d11phh4h66yddz.cloudfront.net/health/providers/digest/herb-drug-interactions-science

[79] USDA Agricultural Research Service. Water Activity. Recurso técnico.
https://pmp.ars.usda.gov/WaterActivity.aspx

[80] The Phenylpropanoid Case - It Is Transport That Matters. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6221964/

[81] WHO. Quality control methods for herbal materials. 2011. ISBN 9789241500739. Manual técnico institucional.
https://www.who.int/publications/i/item/9789241500739

[82] WHO. Guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants. 2003. ISBN 9241546271.
https://www.who.int/publications/i/item/9241546271

[83] EMA. Guideline on good agricultural and collection practice (GACP) for starting materials of herbal origin. Revision 1, 2025. EMA/HMPC/246816/2005 Rev. 1.
https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/guideline-good-agricultural-collection-practice-gacp-starting-materials-herbal-origin-revision-1_en.pdf

[84] OpenStax. Biology 2e, 32.1: Reproductive Development and Structure. Texto universitario abierto.
https://openstax.org/books/biology-2e/pages/32-1-reproductive-development-and-structure

[85] Sumner LW et al. Proposed minimum reporting standards for chemical analysis. Chemical Analysis Working Group (CAWG), Metabolomics Standards Initiative (MSI). Metabolomics. 2007;3:211-221. DOI: 10.1007/s11306-007-0082-2.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3772505/

[86] Metabolic flux analysis of secondary metabolism in plants. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7031320/

[87] Metabolic Flux Analysis-Linking Isotope Labeling and Metabolic Fluxes. Revisión científica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7694648/

[88] Synergy and antagonism in natural product extracts: when 1 + 1 does not equal 2. Revisión crítica, texto completo en PMC.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6820002/

[89] Reporting randomized, controlled trials of herbal interventions: an elaborated CONSORT statement. Annals of Internal Medicine. 2006;144:364-367. Registro y resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16520478/

[90] Recommendations for reporting randomized controlled trials of herbal interventions: Explanation and elaboration. 2006. Registro y resumen PubMed.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17027423/

EL FLOEMA

La curiosidad abre el camino. La evidencia lo orienta.

Sigue aprendiendo con nosotras.

elfloema.cl
@elfloema

