

UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE MEDICINA



IDENTIFICACIÓN DE LOS CONCEPTOS UMBRALES BÁSICOS PARA EL
APRENDIZAJE DE LA INGENIERÍA TISULAR COMO TERAPIA AVANZADA.
ESTUDIO COMPARADO EN GRADUADOS E INVESTIGADORES.

Tesis Doctoral

Salvador Saavedra Casado

Programa de Doctorado en Biomedicina

Granada, 2022

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Salvador Saavedra Casado
ISBN: 978-84-1117-669-9
URI: <https://hdl.handle.net/10481/79673>

Parte de los resultados expuestos en esta memoria han sido publicados en el siguiente artículo original:

"IDENTIFICATION OF HISTOLOGICAL THRESHOLD CONCEPTS IN HEALTH SCIENCES CURRICULA: STUDENTS' PERCEPTION"

Martin-Piedra, MA, Saavedra-Casado, S, Santisteban-Espejo, A, Campos, F, Chato-Astrain, J, Garcia-Garcia, OD, Sanchez-Porras, D, Luna del Castillo, JDD, Rodriguez, IA, Campos, A. 2022. Identification of histological threshold concepts in health sciences curricula: Students' perception. *Anat Sci Educ* 00: 1– 12.

A mi familia motivo y razón de todo esfuerzo.

AGRADECIMIENTOS

Es obligado que las primeras palabras escritas del presente documento sean de agradecimiento, porque tengo mucho que agradecer, por tanto recibido y a tantos que me lo han dado;

En primer lugar gracias a Dios por todo, por ser mi Padre, por quererme y por permitir que todo esto ocurra.

Al departamento de Histología de la Facultad de Medicina de Granada y a la propia Universidad de Granada por todos los recursos humanos y materiales que han permitido mi formación a lo largo de todos estos años.

Al profesor Don Antonio Campos Muñoz, tutor de la presente tesis doctoral y verdadero promotor de la investigación llevada a cabo. Querido Don Antonio, querido maestro; gracias por su estímulo constante, por su pasión, por su ciencia y sapiencia, por su amor al conocimiento, por su empatía, por su confianza en mí, por su paciencia y especialmente gracias por su amistad. Es usted el ejemplo en el que todo médico, profesor, investigador, hombre de familia y buena persona debe fijarse.

A mis directores los profesores Don Miguel Ángel Martín Piedra y Don Antonio Campos Sánchez, personas sin las cuales el presente documento no se podría haber llevado a cabo. Queridos directores, queridos amigos; gracias por vuestro tiempo y disponibilidad, por vuestros conocimientos, por vuestros consejos y rigor, por vuestro trabajo persistente, y gracias por vuestra amabilidad. Gracias porque por vosotros esta tesis es hoy una realidad.

A mi familia, a mis padres y hermanos por su apoyo, generosidad y sacrificio constante que me han permitido obtener una formación completa.

A mi esposa y a mis hijos, por su paciencia, por su comprensión amorosa, y por ser mi estímulo y soporte incondicional.

A mis amigos por todo el ánimo dado y, por entender y disculparme tantas ausencias a nuestros encuentros por motivos de estudio.

A mis compañeros de trabajo del Hospital Comarcal de Melilla, por hacerme más fácil el compaginar la investigación con mi actividad asistencial.

A mis pacientes, gracias por vuestra confianza, por invitarme a ayudaros y a acompañaros en vuestras vidas y por permitirme ejercer la profesión más bella del mundo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 La Ingeniería Tisular como terapia avanzada.	17
1.2 El autoaprendizaje y los conceptos umbrales.....	19
1.3 Los conceptos umbrales en las ciencias de la salud.	20
2. OBJETIVOS.	24
2.1 Objetivo general.....	25
2.2 Objetivos específicos.....	25
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	26
3.1 Muestra y metodología para la identificación de conceptos umbrales en graduados de ciencias de la salud.....	27
3.1.1 Diseño del estudio.	27
3.1.2 Participantes en el estudio.	27
3.1.3 Generación del instrumento y su validación.....	28
3.1.4 Análisis estadístico.	32
3.2 Muestra y metodología para la identificación de conceptos umbrales en investigadores.....	32
3.2.1 Diseño del estudio.	32
3.2.2 Participantes en el estudio.	32
3.2.3 Generación de la información bibliométrica.....	33
3.2.4 Análisis estadístico.	34

4. RESULTADOS.....	36
4.1 Resultados de la identificación de conceptos umbrales en graduados de ciencias de la salud.....	37
4.2 Resultados de la identificación de conceptos umbrales en investigadores.....	47
5. DISCUSIÓN.....	52
6. CONCLUSIONES.....	64
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
8. ANEXOS.....	82
8.1 ANEXO 1.....	83

*“Donde quiera que se ama el arte de la medicina se ama también a la
humanidad”.*

(Platón).

1. INTRODUCCIÓN.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La Ingeniería Tisular como terapia avanzada.

Las terapias avanzadas son terapias innovadoras surgidas en las últimas décadas que en el momento presente son objeto de regulación por la unión europea. La Directiva europea 2003/63/EC (UNIÓN EUROPEA, 27 de junio de 2003), el Reglamento 1394/2007 (UNIÓN EUROPEA, 10 de diciembre de 2007) del Parlamento europeo y el Consejo y la Directiva 2009/120 CE (UNIÓN EUROPEA, 15 de septiembre de 2009) son las normativas que establecen las definiciones y características de lo que en Europa se consideran medicamentos de terapias avanzadas (CUENDE & IZETA, 2010).

En este sentido la terapia génica, la terapia celular y la ingeniería tisular son los tres tipos de terapias avanzadas que en los últimos treinta años han irrumpido en la medicina y que, en este momento, son objeto de regulación a través de la legislación comunitaria.

En este contexto la ingeniería tisular, que es como desde los años ochenta del pasado siglo se conoce al proceso de construcción de los denominados tejidos artificiales (LANGER & VACANTI, 1993; PALSSON & BHATIA, 2004), ha comenzado a configurarse, como una línea de investigación fundamental y prioritaria no solo en algunas universidades y hospitales sino además en la agenda de algunos gobiernos por el importante impacto industrial y económico que conlleva (CAMPOS, 2004).

Desde el establecimiento de la disciplina, a principios de los años 90, la ingeniería tisular se ha desarrollado de forma exponencial, generando una revolución en la práctica clínica al introducir los tejidos artificiales, considerados como medicamentos, un nuevo enfoque terapéutico que viene a mejorar de forma significativa el tratamiento de muchas enfermedades y lesiones orgánicas (SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2019; MARTIN-PIEDRA et al., 2020)

La ingeniería tisular, como disciplina científica, constituye un área de conocimiento que sustentada en la histología y con el objetivo primordial de generar tejidos artificiales, ha contado con la participación de más de 50 áreas de conocimiento de muy diversa índole. La ingeniería tisular engloba conocimientos tecnológicos, procedentes de la Ciencia de Materiales y la Ingeniería, así como conocimientos biológicos procedentes

también la Biotecnología o la Bioquímica (SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2018). El carácter multidimensional de la ingeniería tisular lleva implícito la utilización y comprensión de multitud de conceptos relativos a cada una de las disciplinas relacionadas, constituyendo esto una dificultad añadida y la necesidad de diseñar estrategias didácticas adecuadas para el aprendizaje de la ingeniería tisular.

De lo anteriormente comentado resulta evidente que la formación en ingeniería tisular como futuro recurso terapéutico para el desarrollo de numerosas especialidades médicas requiere un cambio fundamental en la orientación educativa no solo de las facultades de medicina sino también de los programas de formación especializada y por extensión en todas las facultades relacionadas con las ciencias de la salud. En consecuencia, resulta por todo ello imprescindible abordar el reto educativo que supone el aprendizaje de la ingeniería tisular como terapia avanzada en las distintas profesiones vinculadas a la salud y hacerlo desde el conocimiento que supone saber que la ingeniería tisular es una disciplina que, como se indicó previamente, sustentada en la histología incorpora numerosos saberes procedentes de otros campos biológicos como la embriología, la biología molecular, la física, la inmunología, la ciencias de los materiales o la cirugía.

Desde el punto de vista del aprendizaje de la ingeniería tisular como terapia avanzada en este nuevo contexto y paradigma de la medicina es importante considerar algunas nuevas orientaciones educativas cuya incorporación al proceso de aprendizaje que estamos considerando puede contribuir a abordar con un mayor éxito el reto educativo al que se ha hecho referencia con anterioridad. La concepción que, en efecto, tiene el alumno de cualquier nivel educativo sobre su propio proceso de aprendizaje constituye un elemento esencial para la adquisición de competencias en cualquier fase de su proceso formativo (ALAMDARLOO et al., 2013). Investigaciones realizadas por distintos autores en los últimos treinta años han demostrado, en este sentido, que los estudiantes conciben el proceso de aprendizaje de forma cualitativamente diferente y que ello influye de modo decisivo en el resultado final del mismo (SHUELL, 1986; DART et al., 2000; PURDIE & HATTIE, 2002).

1.2 El autoaprendizaje y los conceptos umbrales.

La naturaleza del proceso de aprendizaje constituye una de las áreas de investigación más relevantes de las últimas décadas. En este contexto uno de los ámbitos objeto de estudio es la comprensión, en las distintas materias, de los conceptos básicos que constituyen su núcleo fundamental (KILEY, 2009; COUSIN, 2015).

Existen en este sentido ciertos conceptos de difícil comprensión que, una vez entendidos, dotan al estudiante, de un conocimiento duradero profundo y funcional, que le lleva a desechar aprendizajes superficiales perecederos e inútiles. A estos conceptos es a los que recientemente se ha denominado conceptos umbral (CARMICHAEL, 2010).

Jan Meyer y Ray Land, profesores de economía propusieron la denominación de conceptos umbral en 2003 en el contexto de un proyecto de investigación con el objeto de mejorar los entornos de aprendizaje en su ámbito universitario (MEYER & LAND, 2003; CARMICHAEL, 2010). Dichos autores llegaron a la conclusión de que ciertos conceptos eran claves para dominar una disciplina y se percataron que la falta de comprensión de estos paralizaba el proceso de aprendizaje de los alumnos (MEYER & LAND, 2003).

A partir de este trabajo inicial se han llevado a cabo numerosos trabajos sobre la naturaleza y las características de los conceptos umbrales y de la importancia que los mismos tienen en el proceso educativo (MEYER & LAND, 2006; COPE & STAEHR, 2008; LAND et al., 2008; KILEY, 2009; CARMICHAEL, 2010; FOUBERG, 2013; RODGER et al., 2015).

Pero ¿qué son los conceptos umbrales? Fruto de la investigación anteriormente indicada, los conceptos umbrales de una disciplina se definen hoy como conceptos que deben reunir al menos cinco características (MEYER & LAND, 2003; LAND et al., 2008).

1. Que sean **Transformativos**, esto es que una vez comprendidos la percepción y la comprensión del estudiante de esa disciplina cambie radicalmente.
2. Que sean **Irreversibles**, esto es que, una vez bien comprendidos, sea muy difícil el olvido.
3. Que sean **Integradores**, esto es que, una vez bien comprendidos, conecten y abran puentes en el seno de la propia disciplina y entre varias disciplinas.

4. Que sean **Problemáticos**, esto es que constituyan un reto y que por tanto planteen preguntas.
5. Que sean **Delimitadores**, esto es que cada concepto no explique el “todo” de la disciplina.

Cuando los alumnos comprenden estos conceptos umbrales se produce un salto cuantitativo en su proceso de aprendizaje o lo que es lo mismo, se abre una puerta (MEYER & LAND, 2006; COUSIN, 2015) que permite acceder a algo que antes era inaccesible para el alumno (CARMICHAEL, 2010; FOUBERG, 2013; MARTIN & HERNANDEZ, 2014).

Los conceptos umbrales adquieren además especial importancia en el momento presente como consecuencia del giro que se ha producido en los últimos años en relación con el papel activo que debe desarrollar el estudiante en su propio proceso formativo, esto es, en relación con lo que se ha denominado el aprendizaje autorregulado.

Indagar los conceptos umbrales de las distintas disciplinas y el modo en cómo deben acceder a ellos los estudiantes constituye, por tanto, un objeto fundamental en la investigación educativa en nuestros días (MARTIN-PIEDRA et al., 2022).

1.3 Los conceptos umbrales en las ciencias de la salud.

Las estrategias didácticas basadas en los conceptos umbrales constituye una estrategia eficaz para la mejora del aprendizaje de los alumnos. En este sentido, desde la descripción original de los conceptos umbrales, estos se han aplicado al campo de la economía (O'DONNELL, 2009), la ingeniería (BAILLIE et al., 2006) y la física (SERBANESCU, 2017), entre otros.

Sin embargo, la literatura de los conceptos umbrales en la educación médica sigue siendo escasa, como afirman Gaunt y Loffman (GAUNT & LOFFMAN, 2018). En este sentido, se han desarrollado metodologías cualitativas con el objeto de identificar conceptos umbrales de disciplinas médicas a través de relatos escritos sobre experiencias de aprendizaje significativas (VAUGHAN, 2016), el análisis de ensayos de prácticas (RANDALL et al., 2018) o entrevistas semiestructuradas a grupos de estudio (O'CALLAGHAN et al., 2020). Sin embargo, la identificación de los conceptos umbrales

médicos es limitada debido a la heterogeneidad metodológica y, por tanto, la falta de uniformidad y dentro de la investigación cualitativa.

Randall y colaboradores identificaron nociones como “Ser inteligente no es suficiente”, “Se trata del paciente” o “La medicina no es blanca o negra, sino casi siempre gris” como concepto umbral para estudiantes en un curso de pediatría (RANDALL et al., 2018). Una investigación realizada por O’Callaghan y sus colaboradores definieron cinco conceptos umbrales para la medicina paliativa: “Compromiso emocional”, “Gestión de la comunicación”, “Cuidado compartido de la comunicación”, “Atención compartida incorporada”, “Inacción activa” e “Incertidumbre aceptada” (O’CALLAGHAN et al., 2020). En la práctica general, Vaughan desarrolló la idea del umbral vocacional y propuso que los conceptos umbrales médicos han de estar ligados a atributos disposicionales más que con la adquisición de habilidades o conocimientos clínicos (VAUGHAN, 2016). En este sentido, los conceptos umbrales médicos podrían contribuir a explorar nuevos ámbitos en la educación médica y a mejorar el aprendizaje de los estudiantes en puntos críticos de especial dificultad. Además, pueden servir a los docentes para el diseño de asignaturas, cursos y planes de estudio (NEVE et al., 2016). No obstante, uno de los obstáculos esenciales que sigue sin resolverse es la identificación de los conceptos umbrales propios de las disciplinas médicas (SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2020)

Se han descrito varias estrategias metodológicas con el propósito de identificar conceptos umbrales. Los primeros intentos consistieron en trabajos basados en pedir a los académicos que identificaran ellos mismos los conceptos umbrales propios de sus respectivos temas de estudio (DAVIES & MANGAN, 2007) o en la discusión entre compañeros (MCKILLOP et al., 2014). Estos enfoques basados en los académicos presentan algunas limitaciones. En primer lugar, se observó una gran variabilidad, ya que se identificaron más de 40 conceptos umbrales, pero sólo ocho de ellos fueron propuestas por cinco o más consultores. Esta heterogeneidad puede deberse a la definición de concepto umbral, ya que, aún hoy día, no está suficientemente clara la diferencia entre un concepto básico (una noción clave en el aprendizaje de la disciplina) y un verdadero concepto umbral.

La identificación de conceptos umbrales también se ha evaluado de forma retrospectiva mediante el análisis de exámenes pasados a estudiantes con algunas preguntas que abordaban dichos conceptos (DAVIES & MANGAN, 2007). De forma

llamativa, se observó que los resultados obtenidos se ajustaban a una distribución bimodal, lo que sugiere una relación entre las calificaciones y la integración de los conceptos umbrales. Aquellos estudiantes que integraban los conceptos umbrales tendían a obtener mejores calificaciones que los que no lo hacían. Estos enfoques metodológicos analizan únicamente el perfil académico para la identificación de los conceptos umbrales, mientras que los estudiantes son meros espectadores. Sin embargo, los académicos hace tiempo que ya comprendieron e integraron dichos conceptos, por lo que podrían no ser sujetos precisos para la percepción de algunas de las características utilizadas para definir los conceptos umbrales, como el carácter problemático. De hecho, esto sugiere que los estudiantes deberían ser una parte activa del método de identificación.

Siguiendo esta hipótesis, también se han publicado estudios que intentan evaluar el carácter problemático por parte de los estudiantes (LOERTSCHER et al., 2014; PARK, 2014). Muchos de estos estudios utilizaron a los estudiantes para confirmar si determinados conceptos seleccionados previamente en talleres colaborativos de expertos podían ser considerados como conceptos umbrales o no. En algunas ocasiones, los conceptos seleccionados fueron confirmados analizando las nuevas ideas aprendidas, y desbloqueadas tras la comprensión, así como las conexiones que permanecían ocultas antes de la comprensión y que permiten la integración (LOERTSCHER et al., 2014).

Una vez desarrollado el concepto actual de ingeniería tisular sustentado en la Histología y en la necesidad de incorporar aproximaciones conceptuales y metodológicas de otras áreas, así como su incardinación en el contexto de las terapias avanzadas resulta imprescindible identificar los recursos didácticos más eficaces para implementar el proceso de enseñanza-aprendizaje en esta materia. En tal sentido, el reciente desarrollo de los conceptos umbrales como instrumentos básicos para la adquisición de conocimientos, y la experiencia existente al respecto en distintas materias, puede constituir una herramienta útil para abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la ingeniería tisular. El carácter transformador, irreversible, integrador, problemático y delimitador que poseen dichos conceptos pueden contribuir a facilitar la incardinación intelectual de una materia innovadora destinada a transformar la medicina de nuestros días que ha de hacerse irreversible en la mentalidad de los futuros profesionales de ciencias de la salud y que, finalmente, ha de resolver su delimitación en el contexto del resto de las especialidades.

La presente Tesis Doctoral tiene por objetivo la identificación de dichos conceptos. Para ello, abordará la investigación a realizar en dos niveles. Por un lado, la indagación de los conceptos umbrales existentes en la ciencia básica -la Histología- que constituye el fundamento de todo tejido artificial que deba construirse para conformar un medicamento de terapia avanzada. Sin una comprensión conceptual clara y determinante del soporte estructural que la Histología representa en la formación de los graduados, cualquier desarrollo de la ingeniería tisular será vana. En consecuencia, identificar los conceptos umbrales básicos de la Histología, en las diferentes disciplinas de la salud, constituye, probablemente, el reto más importante para el aprendizaje de la ingeniería tisular para el mejor diseño de su enseñanza.

Por otro lado, los conceptos umbrales deben igualmente investigarse en los profesionales de la investigación que vienen contribuyendo periódicamente en las últimas décadas al desarrollo de la ingeniería tisular, como se ha indicado en apartados previos. En tal sentido, la presente Tesis Doctoral ha indagado los conceptos umbrales a través de la producción de documentos científicos mediante análisis bibliométrico.

La cantidad de información que se puede extraer de los distintos documentos científicos (metadatos) es cuantiosa y de naturaleza variada. En la presente Tesis Doctoral se analizarán los descriptores de la información, es decir, aquellos metadatos que transmiten información acerca del contenido de cada trabajo. En tal sentido, se utilizarán tanto los descriptores no controlados (las palabras clave utilizadas por los autores), como los descriptores controlados (extraídos de forma automatizada a través de la aplicación de algoritmos informáticos de la base de datos). Con ello, se obtendrán los términos básicos que sustentan la investigación en ingeniería tisular los científicos autores de los artículos publicados.

En la presente Tesis Doctoral, se enumerarán a continuación en primer lugar el objetivo general y los objetivos específicos, se describirá, en segundo lugar, la muestra de estudio y la metodología utilizada; y, finalmente, en tercer y cuarto lugar, se expondrán los resultados y se discutirán los mismos en el contexto de la bibliografía existente.

“Todo ser humano, si se lo propone, puede ser escultor de su propio cerebro”.

(Santiago Ramón y Cajal).

2. OBJETIVOS.

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo general.

- Identificar y caracterizar los conceptos umbrales vinculados a la Ingeniería tisular como medicamento de terapia avanzada a nivel curricular en las ciencias de la salud y a nivel bibliométrico en los distintos componentes de la misma para sustentar los programas formativos de grado y postgrado destinados a dicha materia.

2.2 Objetivos específicos.

- Identificar los conceptos umbrales en ingeniería tisular en el alumnado para los currícula de Medicina, Odontología y Farmacia mediante instrumentos de intervención dotados de fiabilidad contrastada.
- Identificar los conceptos umbrales en ingeniería tisular en los investigadores para los distintos componentes dimensionales que conforman la ingeniería tisular mediante análisis bibliométrico.
- Desarrollar propuestas de programas de formación y modalidades didácticos vinculados a los conceptos umbrales identificados a partir del alumnado y de los investigadores en el ámbito de la ingeniería tisular como terapia avanzada y en el contexto de las ciencias de la salud.

“Estudia. - Estudia con empeño. - Si has de ser sal y luz, necesitas ciencia, idoneidad. ¿O crees que por vago y comodón vas a recibir ciencia infusa?”.

(San Josemaría Escrivá).

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

Para realizar la descripción de la muestra y de la metodología utilizada dividiremos este apartado en dos grandes capítulos. En primer lugar, la muestra y la metodología correspondiente a la investigación de los conceptos umbrales en los graduados de Medicina, Farmacia y Odontología y, en segundo lugar, la muestra y la metodología utilizada para la investigación de los conceptos umbrales en el personal investigador.

3.1 Muestra y metodología para la identificación de conceptos umbrales en graduados de ciencias de la salud.

3.1.1 Diseño del estudio.

El estudio se realizó en alumnos de grado inscritos en los programas de Medicina, Odontología y Farmacia durante el periodo en el que se impartió la asignatura de Histología en el desarrollo de su programa curricular. El mismo cuerpo docente desarrolló la enseñanza de los conceptos histológicos al alumnado de los distintos grados en periodos distintos del mismo curso académico. Este estudio cumplió con las normas y criterios de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Humana de la Universidad de Granada con el número de referencia 622 / CEIH / 2018.

3.1.2 Participantes en el estudio.

El estudio se realizó en la Universidad de Granada (España). La muestra estuvo compuesta por 410 estudiantes de grado matriculados en el primer curso académico Medicina, Odontología y Farmacia. Se seleccionaron los alumnos de los grados de Medicina, Odontología y Farmacia porque comparten un programa de estudio similar para las ciencias de la salud, tanto en la Universidad de Granada como en otras universidades españolas.

De los 410 alumnos participantes en la presente Tesis Doctoral, un total de 244 estudiantes pertenecían al grado de medicina (97,21% de todos los estudiantes del primer año), 64 estudiantes correspondían al grado de odontología (94,11%) y 102 estudiantes

pertenecían al grado de farmacia (88,70%). Respecto a la edad media de los participantes variaron desde los $18,7 \pm 1,7$ años de los alumnos de farmacia, a $19,5 \pm 4,3$ años en odontología. La proporción hombre/mujer fue similar en los tres grupos de participantes. Toda la información respecto a la demografía y las características de acceso a la universidad se muestran en la tabla 1.

Todos los participantes recibieron información sobre la definición de concepto umbral antes de completar el cuestionario que se distribuyó a los estudiantes (descrito con posterioridad en este capítulo) al final del curso académico, una vez se hubieron impartido todos los contenidos teóricos de la asignatura de Histología General. La participación fue voluntaria y acorde con los procedimientos de investigación universitaria. Los estudiantes que participaron en el estudio no recibieron crédito adicional ni compensación por participar en el estudio y se les informó que su participación les ayudaría a explorar su propio proceso de aprendizaje.

Variable	Odontología	Medicina	Farmacia	p-valor
Número de participantes	64	244	102	
Edad (DE)	19,5 ($\pm 4,3$)	19,3 ($\pm 1,8$)	18,7 ($\pm 1,7$)	0,063
Sexo				0,456
Varón n (%)	17 (26,6)	83 (34,0)	36 (35,3)	
Mujer n (%)	47 (73,4)	161 (66,0)	66 (64,7)	
Acceso a la educación superior				
Regular n (%)	50 (78,1)	229 (93,9)	102 (100)	
Calificación media (DT)	12,34 ($\pm 0,44$)	12,97 ($\pm 0,35$)	11,21 ($\pm 1,58$)	<0,001

Tabla 1. Principales características sociodemográficas y académicas de la población de los 410 estudiantes participantes en el estudio. No se observaron diferencias significativas en cuanto al sexo ni la edad de los participantes. El acceso regular significa el acceso a la universidad desde la educación secundaria. La calificación para el acceso regular es una puntuación, que va de 0 a 14 puntos, en función de los resultados de los aspirantes en cursos anteriores y de los resultados de las pruebas de acceso a la universidad.

3.1.3 Generación del instrumento y su validación.

Para identificar los conceptos umbrales en el campo de la Ingeniería tisular se utilizó una herramienta denominada **“Cuestionario de Conceptos Umbral en Histología (CUHc)”** y que fue desarrollado por profesores del Departamento de Histología de la Universidad de Granada. Este cuestionario se encuentra en el Anexo 1 y está disponible para su uso y publicado. Asimismo, el cuestionario se encuentra inscrito en el Registro Electrónico de Propiedad Intelectual SAFE CREATIVE, con fecha del 5 de noviembre de 2021, con el código 2111059726532.

El cuestionario CUHc se compone de 37 conceptos utilizados de manera previa en las actividades docentes de la asignatura de Histología. Se solicitó a los estudiantes que indicaran el valor de cada concepto como concepto umbral mediante una escala de Likert, con una puntuación de 1 (total desacuerdo) a 5 (total acuerdo). Cada concepto del cuestionario incluía su definición correspondiente. El cuestionario CUHc fue cumplimentado después de la última clase de la asignatura de Histología, informando previamente a los estudiantes del objetivo del estudio, así como, instrucciones específicas para la realización de dicho cuestionario.

En la validación del instrumento se han desarrollado tres fases. La primera de estas fases consiste en la agrupación de los 37 conceptos individuales evaluados por los alumnos, en una serie de unidades conceptuales, denominadas factores. Para ello se ha utilizado un análisis factorial exploratorio de las componentes principales, de acuerdo con los protocolos estadísticos existentes para ello. El análisis de las componentes principales permite, en consecuencia, identificar subgrupos de elementos (factores) con estrecha correlación entre sí. A través de este análisis se pretende identificar el número mínimo de factores que podrían explicar la mayor proporción de varianza en el conjunto inicial de elementos. De acuerdo con este procedimiento estadístico, los 37 conceptos originales se han agrupado en 10 subgrupos o factores, que son los que se han utilizado para llevar a cabo nuestro estudio.

En una segunda fase, se han distribuido cada uno de los 37 conceptos evaluados entre los 10 factores obtenidos en la fase anterior. A tal efecto, se han obtenido los coeficientes de correlación (denominado “carga factorial”) entre cada elemento y cada factor para identificar los conceptos pertenecientes a cada uno de los 10 factores. De manera ideal, cada concepto deberá generar una alta carga para un único factor y cargas muy bajas para los otros factores, si bien un mismo elemento ha mostrado en ocasiones

altas cargas (es decir, superiores a 0,40) para dos o incluso más factores. Para minimizar esta situación, la cual dificulta la distribución de los elementos en los factores extraídos y, en consecuencia, dificulta su interpretación, y favorecer la distribución óptima de las cargas, se ha utilizado el procedimiento matemático denominado “rotación varimax”.

En la tercera fase consistió en la validación de la estructura del cuestionario a partir de los resultados obtenidos, contrastándola con diferentes modelos utilizando un análisis factorial confirmatorio. Para ello se han utilizado el índice de bondad de ajuste (GIF, por sus siglas en inglés), el índice modificado de bondad de ajuste (AGIF, por sus siglas en inglés) y la raíz del error cuadrático medio (RECM) para verificar la idoneidad de cada modelo propuesto y así validar la estructura factorial subyacente del CUHc (Bollen, 1989). Tales índices y coeficientes establecen una medida de la idoneidad del modelo de resultados obtenidos a partir de los datos con respecto a un modelo teórico compuesto por 10 factores (grupos conceptuales). SPSS, versión 15 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) ha sido el software estadístico utilizado para el análisis factorial exploratorio, mientras que R, versión 3.6.3 (Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria) ha sido el software estadístico utilizado para el análisis factorial confirmatorio.

Los factores resultantes de los análisis previos son los siguientes: Conceptos básicos morfoestructurales (CBM); Conceptos de organización tisular (OT)); Conceptos de organización corporal jerárquica (OCJ); Conceptos de organización histofuncional orgánica (OHO); Conceptos vinculados a la histogénesis y al desarrollo tisular (HD); Conceptos de estadios tisulares funcionales con (ETF); Conceptos de ingeniería tisular (IT); Conceptos de magnificación microscópico (MM); Conceptos de análisis microscópico con respecto a las técnicas histológicas (AM); Conceptos vinculados a la observación bidimensional de las estructuras microscópicas (O2D). En la Tabla 2 se especifican los conceptos incluidos en cada uno de estos diez factores.

FACTOR	CONCEPTO
CONCEPTOS BÁSICOS MORFOESTRUCTURALES (CBM)	Morfología
	Estructura
	Estructura microscópica
	Relación forma-estructura-función
CONCEPTOS DE ORGANIZACIÓN TISULAR (OT)	Célula
	Población celular
	Tejido o población celular asociada
	Población de células dispersas
	Matriz extracelular
	La célula madre como base para la renovación de tejidos
CONCEPTOS DE ORGANIZACIÓN CORPORAL JERÁRQUICA (OCJ)	Niveles estructurales de organización
	Sistema
	Órgano del cuerpo
	Aparatos del cuerpo
	Sistema corporal
CONCEPTOS DE ORGANIZACIÓN HISTOFUNCIONAL ORGÁNICA (OHO)	Parénquima
	Estroma
CONCEPTOS VINCULADOS A LA HISTOGÉNESIS Y AL DESARROLLO TISULAR (HD)	Origen histogenético de los tejidos
	Concepto filogenético de estructuras microscópicas
	Concepto ontogenético de estructuras microscópicas
CONCEPTOS DE ESTADIOS TISULARES FUNCIONALES CON (ETF)	Estado eupláxico en estructuras microscópicas
	Estado proplásico en estructuras microscópicas
	Estado retroplásico en estructuras microscópicas
	Estado de lesión en estructuras microscópicas
CONCEPTOS DE INGENIERÍA TISULAR (IT)	Tejido Nativo
	Tejido artificial
	Cultivo de células, tejidos y órganos
CONCEPTOS DE MAGNIFICACIÓN MICROSCÓPICA (MM)	Aumento en instrumentos de aumento
	Poder de resolución y límite de resolución en diferentes instrumentos de aumento
	Unidades microscópicas de medida
CONCEPTOS DE ANÁLISIS MICROSCÓPICO CON RESPECTO A LAS TÉCNICAS HISTOLÓGICAS (AM)	Técnica histológica
	Visión espacial de imágenes microscópicas
	Imagen equivalente
	Artefacto
CONCEPTOS VINCULADOS LA OBSERVACIÓN BIDIMENSIONAL DE LAS ESTRUCTURAS MICROSCÓPICAS (O2D)	Visión dinámica en imágenes microscópicas
	Orientación de la sección en relación con estructuras microscópicas
	Localización topográfica (apical, basal,...) de estructuras microscópicas

Tabla 2. Conceptos incluidos en el CHUc agrupados en cada uno de los diez factores obtenidos a partir del análisis factorial exploratorio y confirmatorio.

3.1.4 Análisis estadístico.

Para la realización del estudio estadístico se ha utilizado el coeficiente Alfa de Cronbach con el objeto de evaluar la fiabilidad del cuestionario. Asimismo, se han analizado los resultados para identificar las diferencias en la percepción de los diferentes conceptos considerados como conceptos umbral entre los distintos grupos de estudio. Para ello, se han calculado los valores promedio y las desviaciones estándar para cada factor y se ha utilizado el análisis de la varianza (ANOVA) de dos colas para comparar los resultados obtenidos para cada factor entre los tres grupos. Posteriormente, se ha realizado un análisis post-hoc con el método de Tukey para detectar diferencias específicas pareadas entre los grupos de odontología y medicina, los grupos de odontología y farmacia, y los grupos de medicina y farmacia. Se han calculado los tamaños del efecto de las diferencias con la d de Cohen (Δ), y se han clasificado como efectos pequeños ($0 \leq \Delta < 0,333$), medianos ($0,333 \leq \Delta < 0,666$), o grandes ($0,666 \leq \Delta < 1$) con base en los parámetros sugeridos por Cohen (Cohen, 1988).

Todas estas pruebas estadísticas se han realizado con el software estadístico SPSS, versión 15 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) y el nivel de significación estadística se ha predeterminado en 5% para todas las pruebas.

3.2 Muestra y metodología para la identificación de conceptos umbrales en investigadores.

3.2.1 Diseño del estudio.

Para la identificación de los conceptos umbrales entre los investigadores, se utilizaron técnicas básicas de bibliometría sobre los artículos originales publicados en revistas científicas, al ser considerados estos el principal documento de información científica que utilizan los investigadores para la comunicación de sus resultados.

3.2.2 Participantes en el estudio.

Los participantes de este estudio son los investigadores correspondientes a los 31686 artículos originales analizados para indagar las palabras clave utilizadas como elementos relevantes de su actividad investigadora.

3.2.3 Generación de la información bibliométrica.

Los metadatos utilizados para la investigación realizada en la presente Tesis Doctoral se obtuvieron de la base de datos bibliográfica Web of Science (WoS) Core Collection. La WoS se considera una de las fuentes de información científica más relevantes y fiables sobre información científica y se utiliza ampliamente en las evaluaciones de investigación (BAKKALBASI et al., 2006).

La estrategia de búsqueda utilizada en este estudio fue ["TISSUE ENGINEER*" o "TISSUE-ENGINEER*"], y se aplicó en Science Citation Index (SCI) - Expanded Collection durante un periodo comprendido entre 1991 y 2016. Se realizó esta estrategia de búsqueda para discriminar con precisión entre los documentos genuinos de ingeniería tisular y los documentos pertenecientes a otras áreas relacionadas, como la medicina regenerativa o la terapia celular (KATARI et al., 2014). Como describieron originalmente Langer y Vacanti, la ingeniería tisular se define por el uso de fuentes celulares, matrices y factores de crecimiento para construir tejidos biomiméticos con impacto terapéutico en la salud humana (LANGER & VACANTI, 1993), lo que difiere de otros enfoques biomédicos emergentes basados en el uso exclusivo de células madre cultivadas o biomateriales sin dar lugar a un tejido bioartificial humano. En este sentido, nuestro objetivo era captar esta noción precisa de la investigación sobre ingeniería de tejidos.

Fueron excluidos del análisis aquellos documentos de tipologías documentales que no correspondían a artículos originales de investigación, es decir, se excluyeron las tipologías de "Proceeding paper", "Book chapter", "Retracted publications" y "Meeting abstracts".

Una vez extraídos los metadatos, se aisló la información perteneciente a los descriptores de información (palabras clave), entre los cuales distinguimos dos variables que fueron analizadas de forma independiente. En primer lugar, se analizaron las palabras clave elegidas por los autores en cada trabajo, las cuales se consideran descriptores no

controlados. Por otra parte, se analizaron las *Keywords Plus*©, un descriptor controlado y generado por WoS a partir de los títulos de los trabajos citados en cada publicación.

3.2.4 *Análisis estadístico.*

Para realizar este análisis, se calculó su frecuencia absoluta y relativa. Además, las palabras clave se agruparon en conjuntos semánticos de palabras que hacen referencia a un mismo contexto cognitivo, para extraer resultados estadísticos de base descriptiva que sean más fácilmente interpretables, y conceptos más amplios que puedan corresponder a futuros conceptos umbrales. Para la realización del contraste de hipótesis mediante comparación de proporciones se utilizó el test exacto de Fisher. Todas las pruebas estadísticas se han realizado con el software estadístico SPSS, versión 15 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) y el nivel de significación estadística se ha predeterminado en 5% ($p = 0,05$) para todas las pruebas.

“Recuerden siempre estos dos axiomas: lo más frecuente es siempre lo más frecuente y solo se diagnostica lo que se sabe”.

(Antonio Jesús Campos Muñoz).

4. RESULTADOS.

4. RESULTADOS.

4.1 Resultados de la identificación de conceptos umbrales en graduados de ciencias de la salud.

Todos los participantes del estudio han completado el CUHc, al tiempo que se han registrado las puntuaciones para cada concepto umbral y luego agrupado en los 10 factores de acuerdo con la metodología descrita anteriormente. La puntuación obtenida en cada uno de los conceptos evaluados se muestra en las Figuras 1 a 10, si bien, es con la agrupación de dichos conceptos en factores cómo se consigue una mejor visualización e interpretación de los resultados obtenidos entre los estudiantes de los distintos grados.

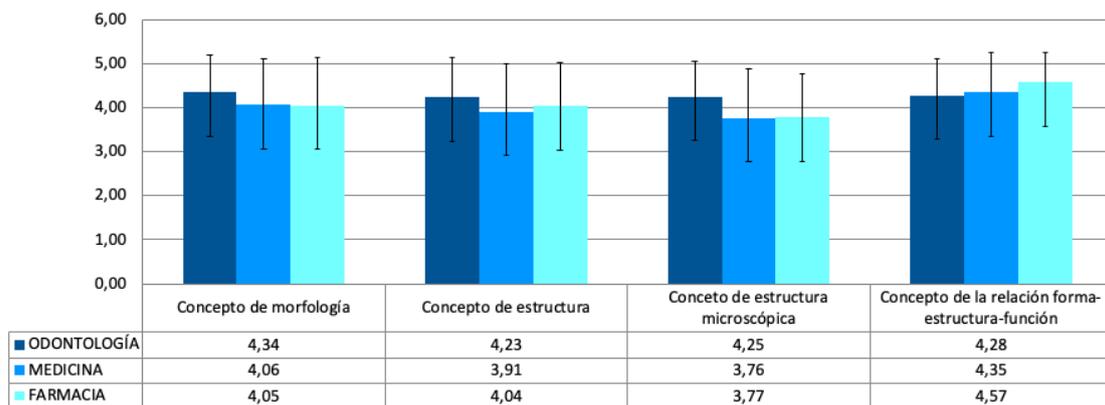


Figura 1. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de Conceptos Básicos Morfoestructurales (CBM) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

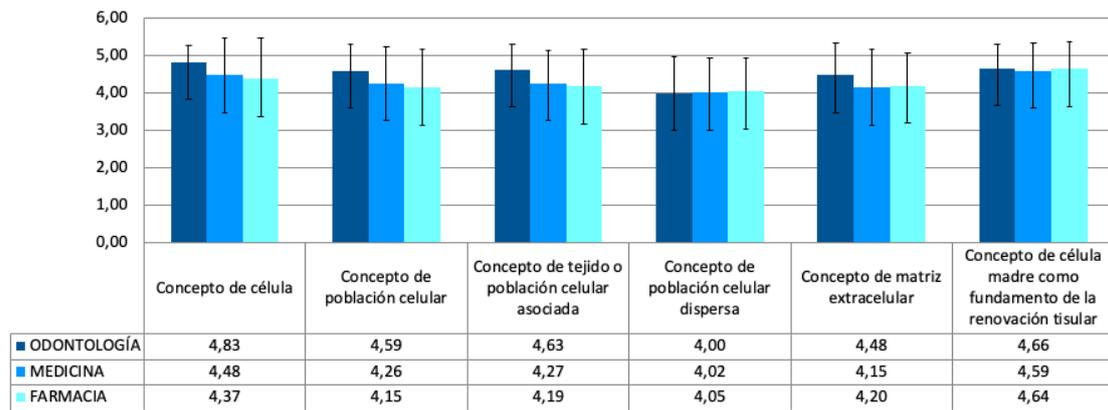


Figura 2. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos de organización tisular en relación con los componentes tisulares elementales (OT) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

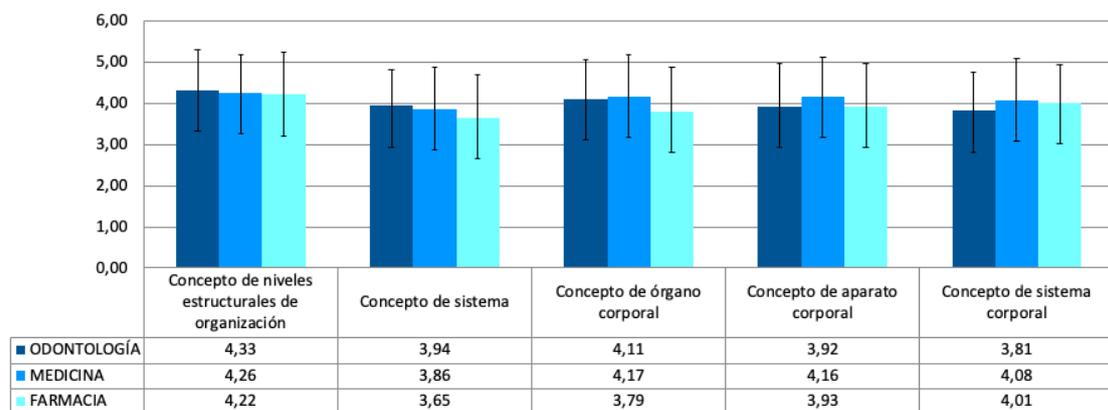


Figura 3. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos de organización corporal jerárquica en relación con los distintos niveles de organización en el cuerpo humano (OCJ) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

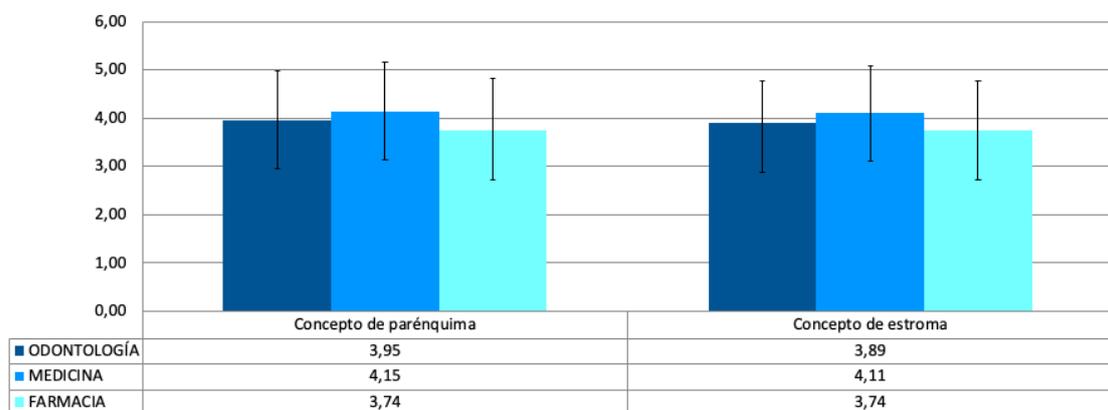


Figura 4. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos de organización histofuncional orgánica en relación con la naturaleza estromal y parenquimatosa de los componentes tisulares (OHO) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

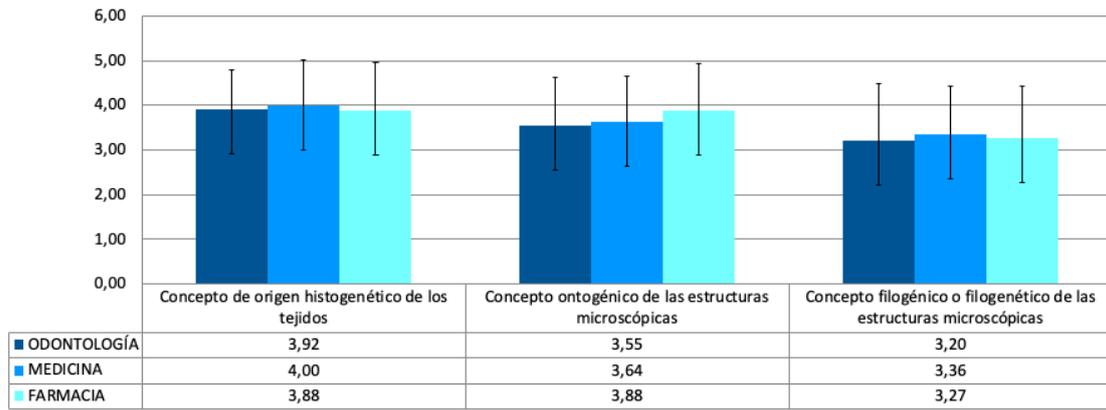


Figura 5. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos vinculados a la histogénesis y al desarrollo tisulares (HD) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

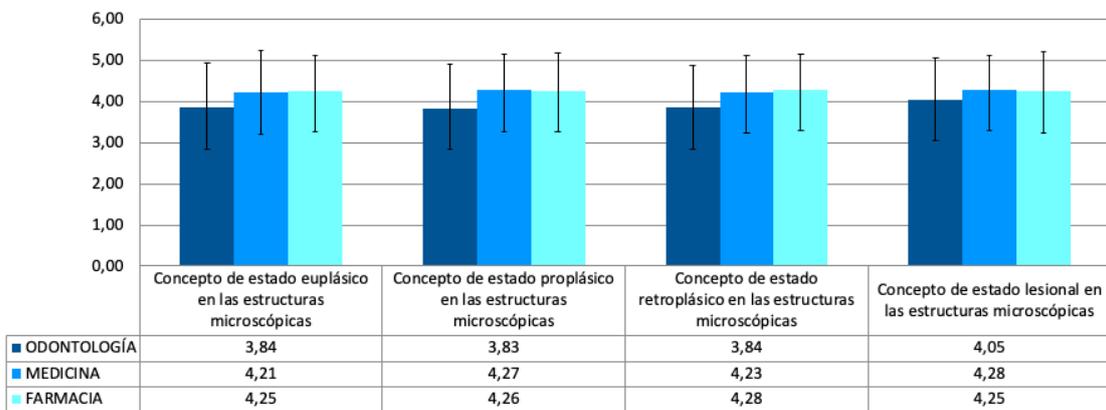


Figura 6. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos de estadios tisulares funcionales con respecto a la actividad tisular general (ETF) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

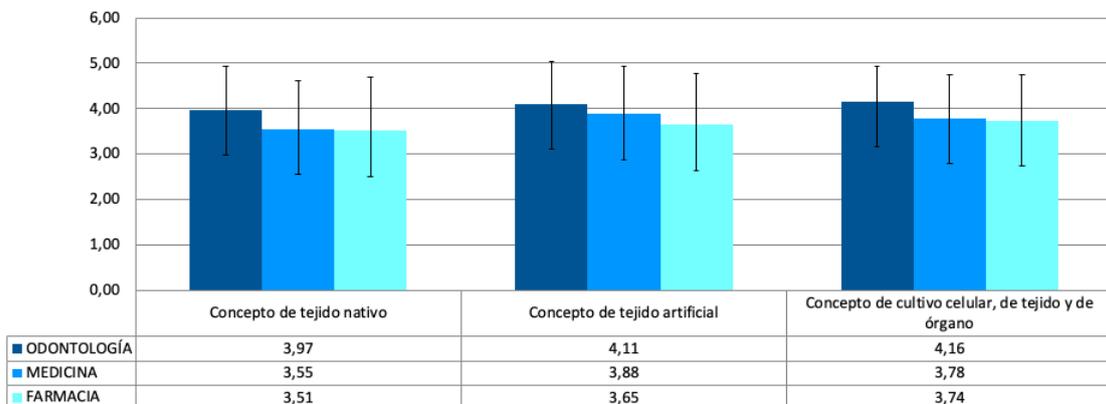


Figura 7. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos de ingeniería tisular en relación con la generación de tejidos artificiales (IT) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

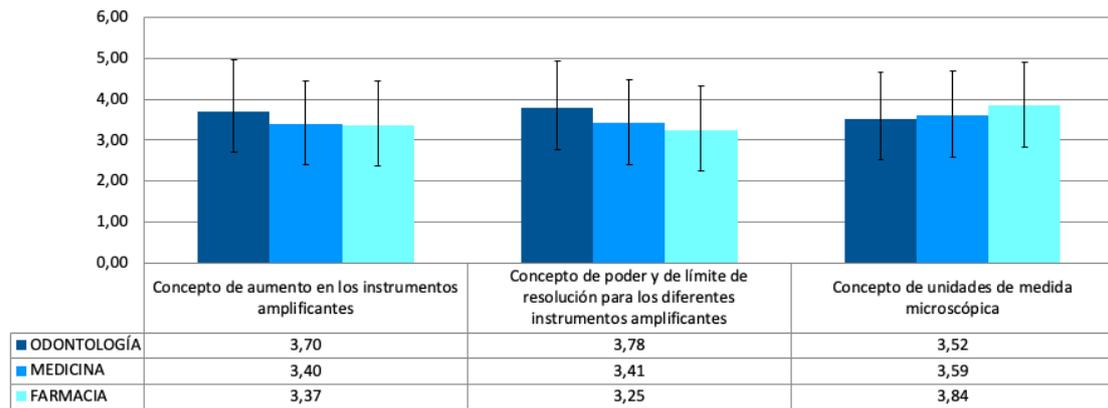


Figura 8. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos de magnificación microscópica por medio de diferentes instrumentos (MM) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

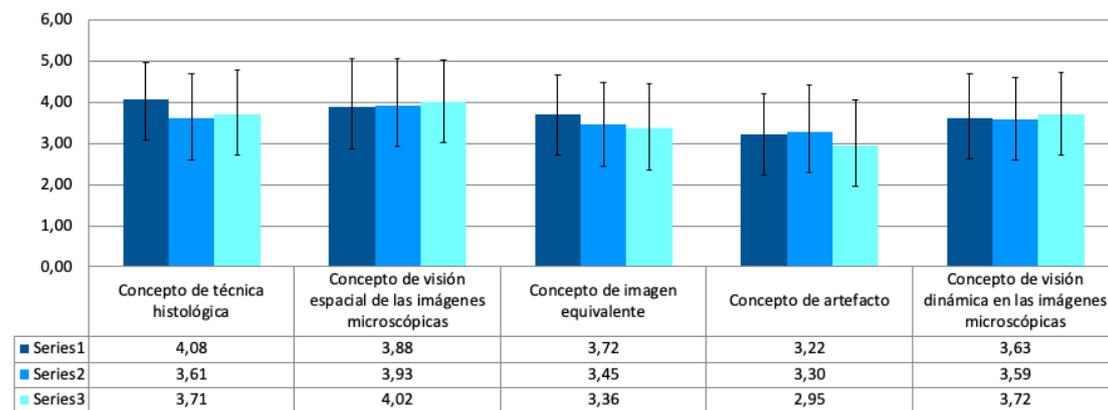


Figura 9. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos vinculados con el análisis microscópico con respecto a las técnicas histológicas (AM) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

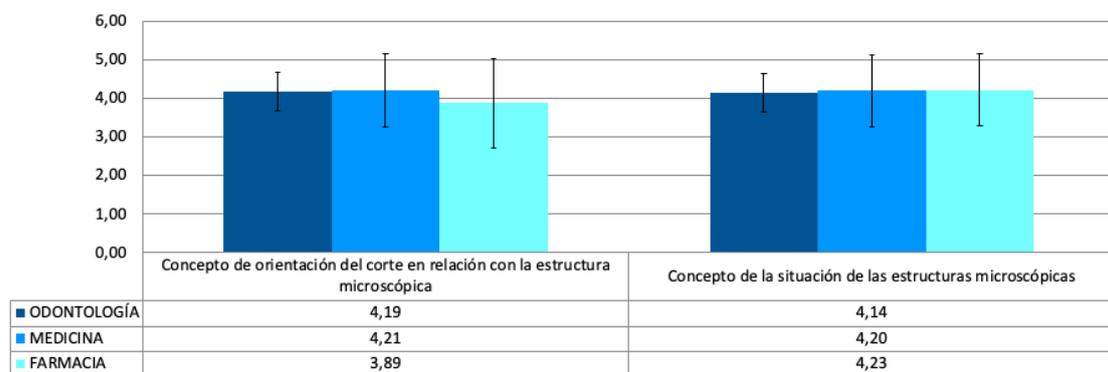


Figura 10. Comparación de los resultados obtenidos en la valoración de conceptos vinculados a la información histológica derivada de la observación bidimensional de las estructuras microscópicas (O2D) como conceptos umbrales entre los alumnos de Odontología, Medicina y Farmacia.

La Figura 11 y la Tabla 3 muestran los resultados de las percepciones con respecto a cada factor por parte de los estudiantes de odontología, medicina y farmacia.

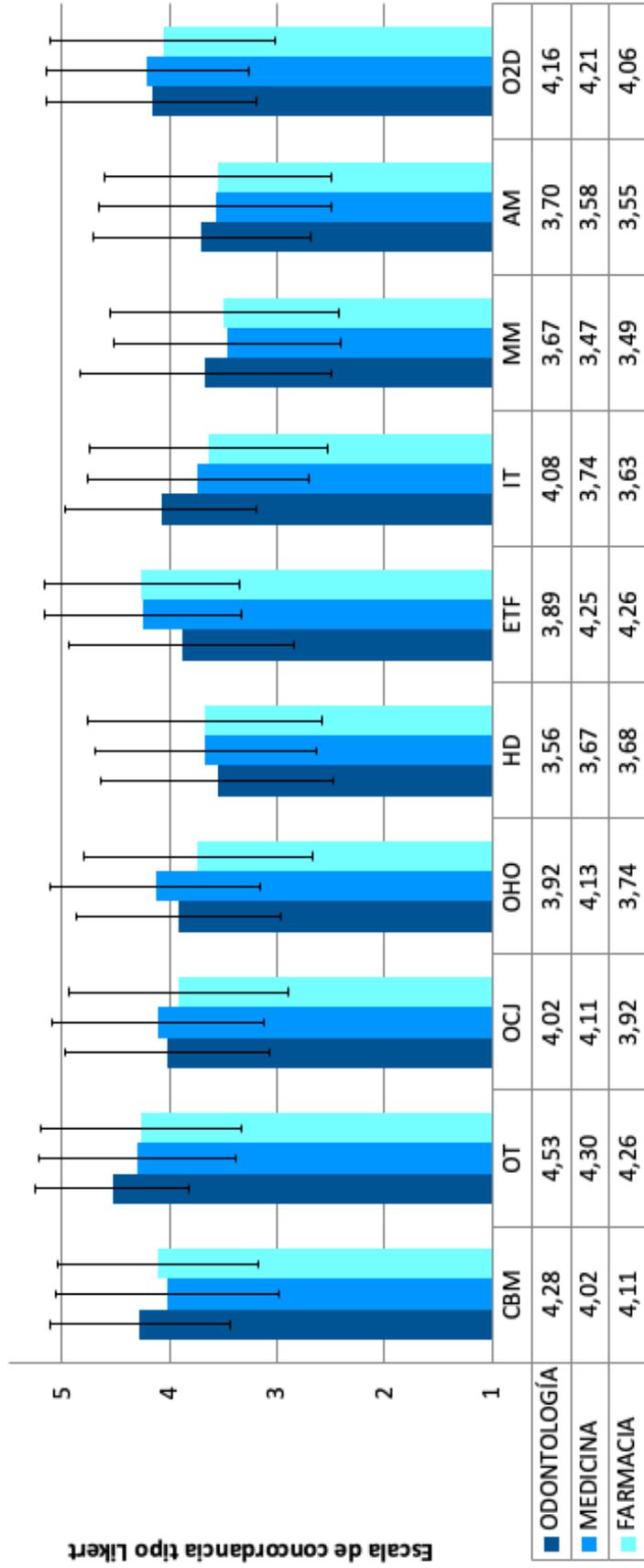


FIGURA 11. Puntuación general de los conceptos umbrales de 64 estudiantes de odontología, 244 estudiantes de medicina y 102 estudiantes de farmacia (n=410). El cuestionario fue validado con análisis factorial exploratorio, que agrupó 37 conceptos umbrales en diez factores diferentes. Los valores medios (\pm DE) de diez factores se obtuvieron a partir de las puntuaciones de la escala de Likert que van desde 1 (desacuerdo total) hasta 5 (acuerdo total). Conceptos básicos morfoestructurales (CBM); Conceptos de organización tisular (OT); Conceptos de organización corporal jerárquica (OCJ); Conceptos de organización histofuncional orgánica (OHO); Conceptos vinculados a la histogénesis y al desarrollo tisular (HD); Conceptos de estadios tisulares funcionales con (ETF); Conceptos de ingeniería tisular (IT); Conceptos de magnificación microscópica (MM); Conceptos de análisis microscópico con respecto a las técnicas histológicas (AM); Conceptos vinculados a la observación bidimensional de las estructuras microscópicas (O2D). Los conceptos más relevantes para el aprendizaje de la histología fueron los relacionados con la organización de los tejidos, los estados funcionales de los tejidos y la información histológica derivada de la observación dimensional. Los conceptos de organización de tejidos recibieron las puntuaciones más altas de los estudiantes en todos los programas de grado.

	Odontología		Medicina		Farmacia		Global		O v M		O v F		M v F	
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	P	Δ	P	Δ	P	Δ	P	Δ
CBM	4,3 (0,8) ^{a,b}	4,0 (1,0)	4,1 (0,9)	4,1 (0,9)	4,1 (1,0)	4,1 (1,0)	0,001	0,259	0,026	0,190	0,230	0,089		
OT	4,5 (0,7) ^{a,b}	4,3 (0,9)	4,3 (0,9)	4,3 (0,9)	4,4 (0,9)	4,4 (0,9)	<0,001	0,263	<0,001	0,316	0,708	0,044		
OCJ	4,0 (1,0)	4,1 (1,0)	3,9 (1,0)	3,9 (1,0)	4,0 (1,0)	4,0 (1,0)	0,626	0,091	0,141	0,100	0,159	0,190		
OHO	3,9 (1,0) ^b	4,1 (1,0) ^c	3,7 (1,1)	3,7 (1,1)	3,9 (1,0)	3,9 (1,0)	0,781	0,216	0,018	0,177	0,007	0,388		
HD	3,6 (1,1)	3,7 (1,0)	3,7 (1,1)	3,7 (1,1)	3,6 (1,1)	3,6 (1,1)	0,475	0,106	0,612	0,110	0,116	0,010		
ETF	3,9 (1,1)	4,3 (0,9)	4,3 (0,9)	4,3 (0,9)	4,1 (0,9)	4,1 (0,9)	0,239	0,383	0,117	0,383	0,351	0,011		
IT	4,1 (0,9) ^{a,b}	3,7 (1,0) ^c	3,6 (1,1)	3,6 (1,1)	3,8 (1,0)	3,8 (1,0)	0,003	0,339	<0,001	0,436	0,007	0,104		
MM	3,67 (1,2)	3,5 (1,0)	3,5 (1,1)	3,5 (1,1)	3,5 (1,1)	3,5 (1,1)	0,107	0,185	0,474	0,162	0,338	0,019		
AM	3,7 (1,0)	3,6 (1,1)	3,6 (1,1)	3,6 (1,1)	3,6 (1,1)	3,6 (1,1)	0,111	0,112	0,087	0,144	0,660	0,028		
O2D	4,2 (1,0)	4,2 (0,9) ^c	4,1 (1,1)	4,1 (1,1)	4,1 (1,0)	4,1 (1,0)	0,455	0,053	0,062	0,098	0,001	0,154		

a Diferencia entre Medicina y Odontología

b Diferencia entre Odontología y Farmacia

c Diferencia entre Medicina y Farmacia

Tabla 3. Puntuación media y desviación típica de la percepción de los conceptos umbrales incluidos en el CUHc. Número de participantes: odontología (n = 64), medicina (n = 244) y farmacia (n = 102); número total de estudiantes (n = 410). Los resultados globales también se muestran como las puntuaciones medias de todos los estudiantes. Las diferencias estadísticamente significativas se identificaron con la fuente en negrita. Los tamaños de efecto de las diferencias fueron estimados como d (Δ) de Cohen, y categorizado como pequeño ($0 \leq \Delta < 0,333$), medio ($0,333 \leq \Delta < 0,666$), o grande ($0,666 \leq \Delta < 1$) basado en los puntos de referencia sugeridos por Cohen (1988).

Abreviaturas: O. Odontología; M. Medicina; F. Farmacia

En relación con los resultados descritos en la infografía previa, el coeficiente Alfa de Cronbach ha tenido un valor de 0,901, lo cual establece una fiabilidad aceptable de la prueba.

Los resultados generales de los estudiantes de los tres grupos han demostrado que los conceptos más importantes para la formación en histología, y en consecuencias de la ingeniería tisular, han incluido la organización tisular ($4,4 \pm 0,9$), los estadios tisulares funcionales ($4,1 \pm 0,9$) y la información histológica derivada de la observación bidimensional ($4,1 \pm 1,0$). De hecho, los alumnos de todos los grupos han considerado con más claridad como conceptos umbrales a aquellos conceptos de organización tisular.

No obstante, el análisis de las respuestas de los estudiantes de las distintas carreras de ciencias de la salud ha puesto de manifiesto algunas diferencias intergrupales. En concreto, los estudiantes de odontología han destacado la importancia de los conceptos morfoestructurales ($4,3 \pm 0,8$), mientras que los estudiantes de medicina han considerado que las nociones relacionadas con la información histológica derivada de la observación bidimensional ($4,2 \pm 0,9$) y los estadios tisulares funcionales ($4,3 \pm 0,9$) son más pertinentes. Los estudiantes de farmacia, por su parte, han subrayado el valor de los conceptos vinculados a los estadios tisulares funcionales ($4,3 \pm 0,9$).

Los estudiantes de odontología han asignado puntuaciones significativamente mayores a los conceptos morfoestructurales y de organización tisular que los estudiantes de medicina o farmacia (Figura 1). Los estudiantes de odontología han otorgado una muy buena valoración (puntuación media de $4,3 \pm 0,8$) a los conceptos morfoestructurales, mientras que las percepciones de los estudiantes de medicina han arrojado una puntuación media de $4,0 \pm 1,0$ ($P = 0,001$) mientras que la puntuación media de los estudiantes de farmacia para estos conceptos ha sido $4,1 \pm 0,9$ ($p = 0,026$).

Del mismo modo, los resultados de los conceptos de organización tisular han obtenido una puntuación media de $4,5 \pm 0,7$ entre los estudiantes de odontología, con puntuaciones significativamente más bajas entre los alumnos de medicina ($4,3 \pm 0,9$; $p < 0,001$) y los estudiantes de farmacia ($4,3 \pm 0,9$; $p < 0,001$). También ha habido diferencias intergrupales estadísticamente significativas con respecto a los conceptos de organización histofuncional orgánica.

Aun cuando la diferencia entre los estudiantes de medicina ($4,1 \pm 1,0$) y los alumnos de odontología ($3,9 \pm 1,0$) no ha sido significativa ($p = 0,216$), los estudiantes de farmacia han considerado que estos conceptos han sido menos importantes ($3,7 \pm 1,1$), y su puntuación media ha sido significativamente inferior a la puntuación media de los grupos de medicina ($p = 0,007$) y odontología ($p = 0,018$). Por consiguiente, el tamaño del efecto para la diferencia entre los estudiantes de medicina y los alumnos de farmacia con respecto a su percepción de los conceptos de organización histofuncional orgánica se ha considerado mediano ($\Delta = 0,388$).

Los estudiantes de los tres grupos han calificado de forma similar los conceptos vinculados a la histogénesis y al desarrollo, a la organización corporal jerárquica y a los estadios tisulares funcionales, sin diferencias significativas (Figura 12). No obstante, el tamaño del efecto para las diferencias con respecto a la importancia percibida de los conceptos relacionados con los estadios tisulares funcionales se ha considerado mediano en el grupo de estudiantes de odontología en comparación con los alumnos de medicina ($\Delta = 0,383$) y los estudiantes de farmacia ($\Delta = 0,383$).

Las percepciones de la ingeniería tisular han mostrado notables diferencias intergrupales. La puntuación media más alta se ha observado en el grupo de los estudiantes de odontología ($4,1 \pm 0,9$), y esta puntuación ha sido significativamente mayor que la puntuación respectiva en el grupo de los alumnos de medicina ($3,7 \pm 1,0$, $p < 0,001$) y el grupo de los estudiantes de farmacia ($3,6 \pm 1,1$; $p = 0,007$). De hecho, el tamaño del efecto para la diferencia con respecto a la percepción de los conceptos de ingeniería tisular ha sido mayor entre los estudiantes de odontología y los alumnos de farmacia ($\Delta = 0,436$).

Los estudiantes de medicina han otorgado una mayor puntuación ($4,2 \pm 0,9$) a los conceptos vinculados a la información histológica derivada de la observación bidimensional de las estructuras microscópicas en comparación con los alumnos de farmacia ($4,1 \pm 1,1$; $p = 0,001$). De los tres grupos, los estudiantes de farmacia han otorgado las puntuaciones más bajas a los conceptos de análisis microscópico ($3,6 \pm 1,1$) y de aumento microscópico ($3,5 \pm 1,1$), si bien las diferencias intergrupales no han sido estadísticamente significativas.

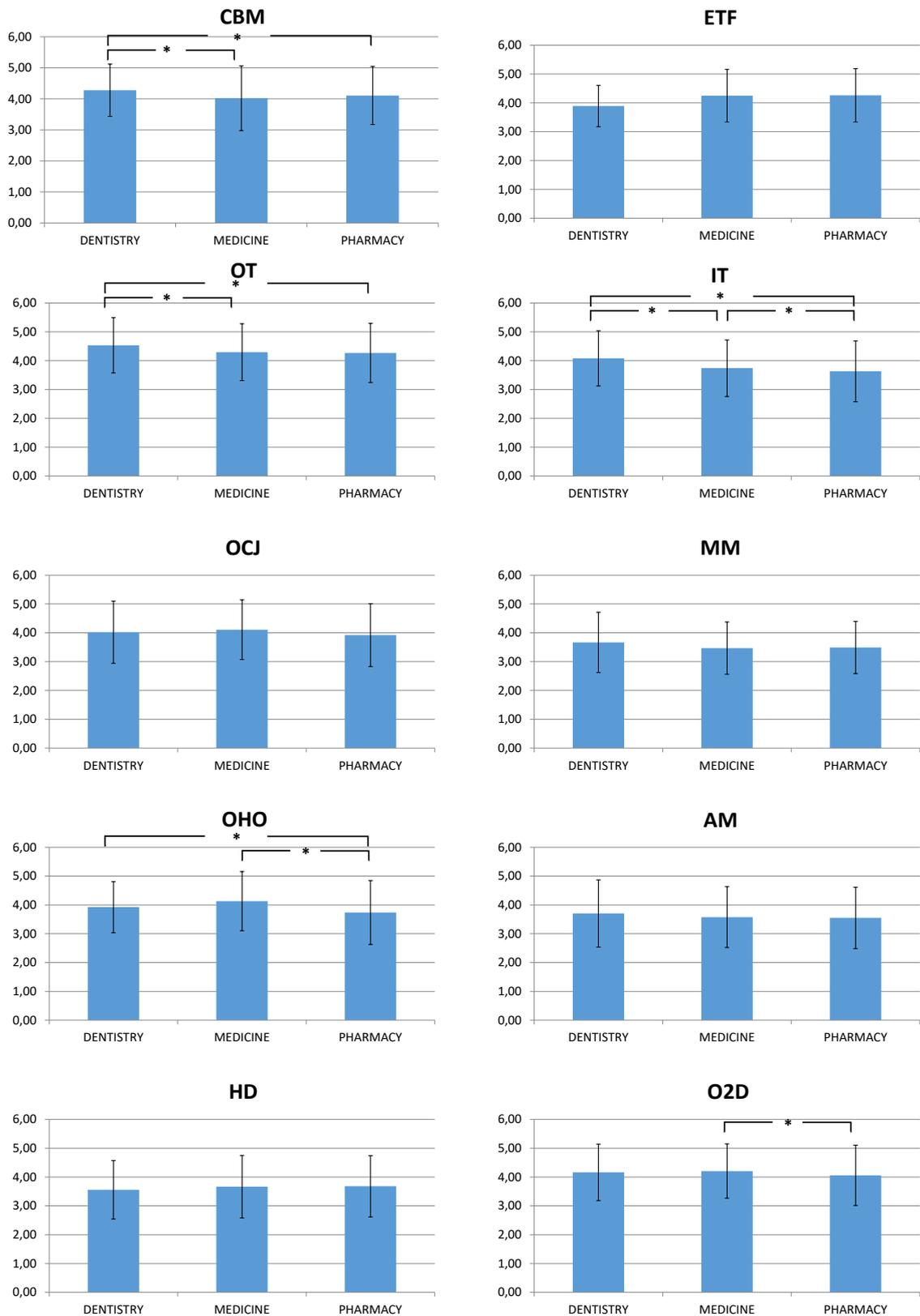


Figura 12. Comparación de las calificaciones obtenidas entre los estudiantes de odontología, medicina y farmacia, para cada uno de los factores que componen el CUHc, $*p < 0,05$.

4.2 Resultados de la identificación de conceptos umbrales en investigadores.

La identificación de conceptos umbrales en los investigadores se ha realizado a través de un análisis de frecuencias utilizando como unidad de análisis las palabras clave elegidas por el autor, así como las *Keyword Plus*[®] de los trabajos científicos publicados en relación con la ingeniería tisular. Se han evaluado, tal y como se describe en el capítulo precedente de metodología, un total de 31686 trabajos extraídos de la base de datos Science Citation Index-Expanded de Web of Science.

La frecuencia de las palabras clave elegidas por los autores de los trabajos puede observarse en la Figura 13. La palabra clave más repetida en los trabajos fue *Tissue engineering*, que apareció en 5961 trabajos, lo que supone un 18,8% del total de trabajos evaluados. De hecho, la aparición de este término fue significativamente superior que el segundo término más repetido —*scaffold*— ($p=0,009$), y por tanto, la aparición del término *Tissue engineering* apareció significativamente más veces que cualquiera de los términos restantes.

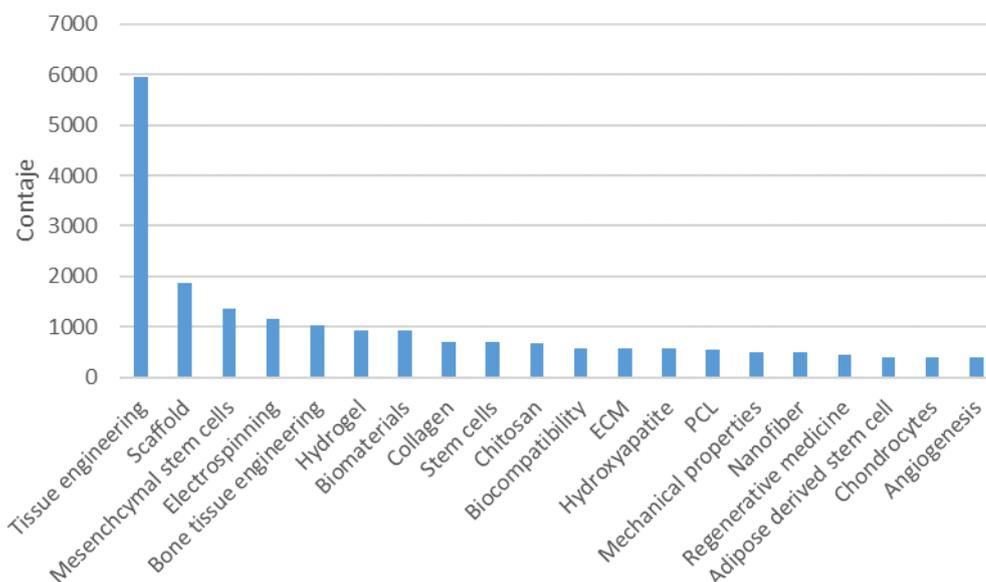


Figura 13. Frecuencia de palabras clave elegidas por el autor en los trabajos publicados de ingeniería tisular.

También aparecieron de forma destacada otras palabras clave como *Scaffold* (1869 veces), *Electrospinning* (1162 veces), *Hydrogel* (945 veces), *Biomaterials* (937 veces), *Collagen* (705 veces) o *Chitosan* (682 veces), todas ellas relacionadas con el ámbito de los biomateriales utilizados para ingeniería tisular. El 36,8% de los trabajos de ingeniería tisular incluyen al menos una de estas palabras clave (Figura 14).

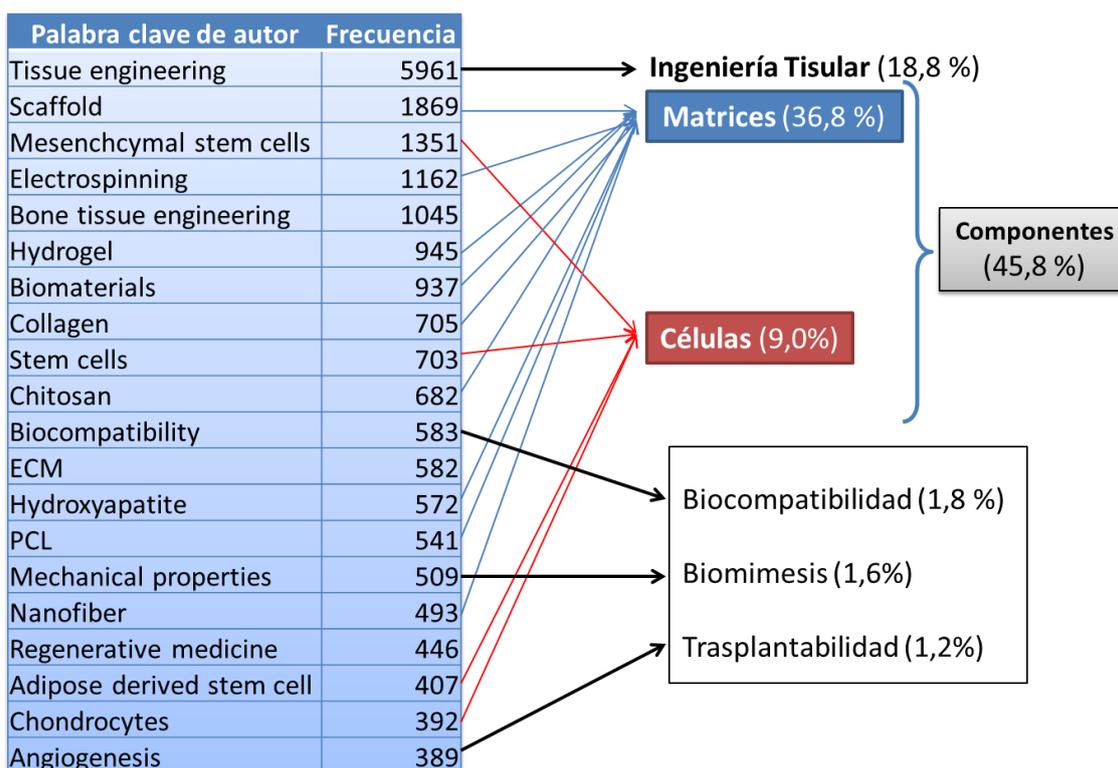


Figura 14. Agrupación de las palabras clave elegidas por los autores para conformar los principales conceptos umbrales (parte derecha) que derivan de la actividad de los investigadores.

El 4,6% de los artículos evaluados en esta Tesis Doctoral también aparecen palabras relacionadas con el proceso de control de calidad de los tejidos artificiales, como son la biocompatibilidad, la biomimesis o la trasplantabilidad (Figura 14). De hecho, entre las 20 palabras clave más frecuente de estos trabajos, se encuentran *Biocompatibility* (583 veces), *Mechanical properties* (509 veces) y *Angiogenesis* (389 veces).

Los resultados del análisis de frecuencias absolutas y relativas de las *Keyword Plus*® se pueden observar en las Figura 15 y 16. Este análisis destacó otras palabras clave que fueron diferentes a las del análisis anterior. En este caso, la palabra *In vitro* fue la más destacada, apareciendo en 7986 de las 31686 publicaciones. De hecho, junto con la palabra *In vivo* (1739 veces), estos dos términos aparecen en uno de cada 3 trabajos (30,7%) sobre ingeniería tisular. En este caso, no se detectaron diferencias significativas entre el término más repetido —*in vitro*— y los términos restantes ($p=0,073$)

Otro de los hallazgos destacados que permitió el análisis de las *Keyword Plus*® es la aparición destacada de palabras relacionadas con las propiedades celulares de interés para la ingeniería de tejidos. Este tipo de palabras apareció en el 31,6% de los documentos, entre las cuales destacan *Differentiation* (3795 veces), *Expression* (2132 veces), *Growth* (2080 veces) o *Proliferation* (2008 veces). De forma similar, también es destacable la aparición de otros términos relativos a las propiedades de los biomateriales en el 32,2% de las publicaciones. Dentro de estos términos destacaron las palabras *Scaffold* (4547 veces), *Extracellular matrix* (2046 veces), *Biomaterials* (1960 veces) y *Matrix* (1649 veces).

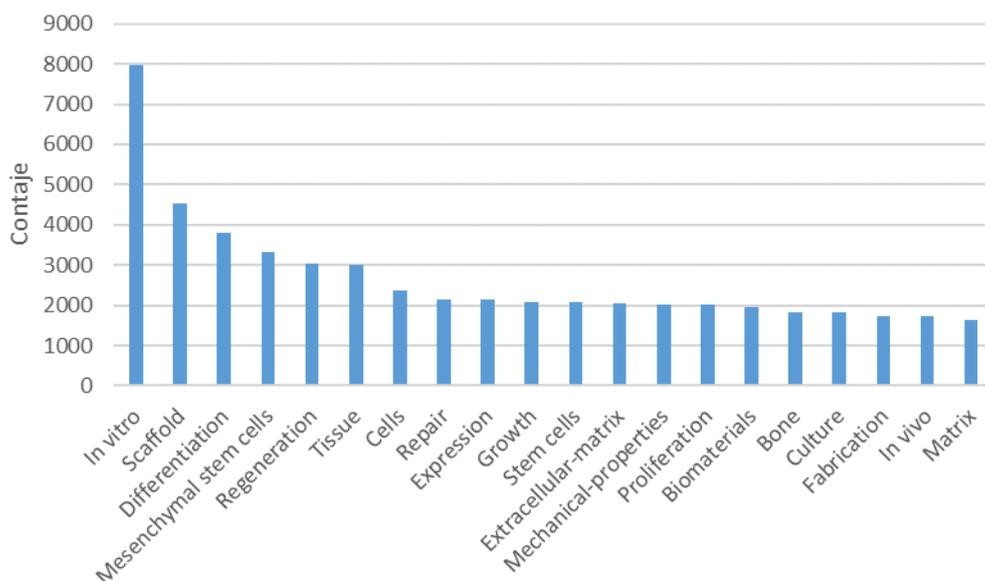


Figura 15. Frecuencia de Keyword Plus® en los trabajos publicados de ingeniería tisular.

Por último, en el 21,8% de los trabajos publicados también aparecieron palabras obtenidas a partir de los títulos de trabajos citados en las publicaciones de ingeniería tisular que hacían referencia a los objetivos que se pretenden cumplir mediante la ingeniería de tejidos, como son los conceptos de regeneración, reparación o fabricación (Figura 16). De hecho, el término *Regeneration* aparece destacado en el 9,6% (3045 veces) de los trabajos evaluados.

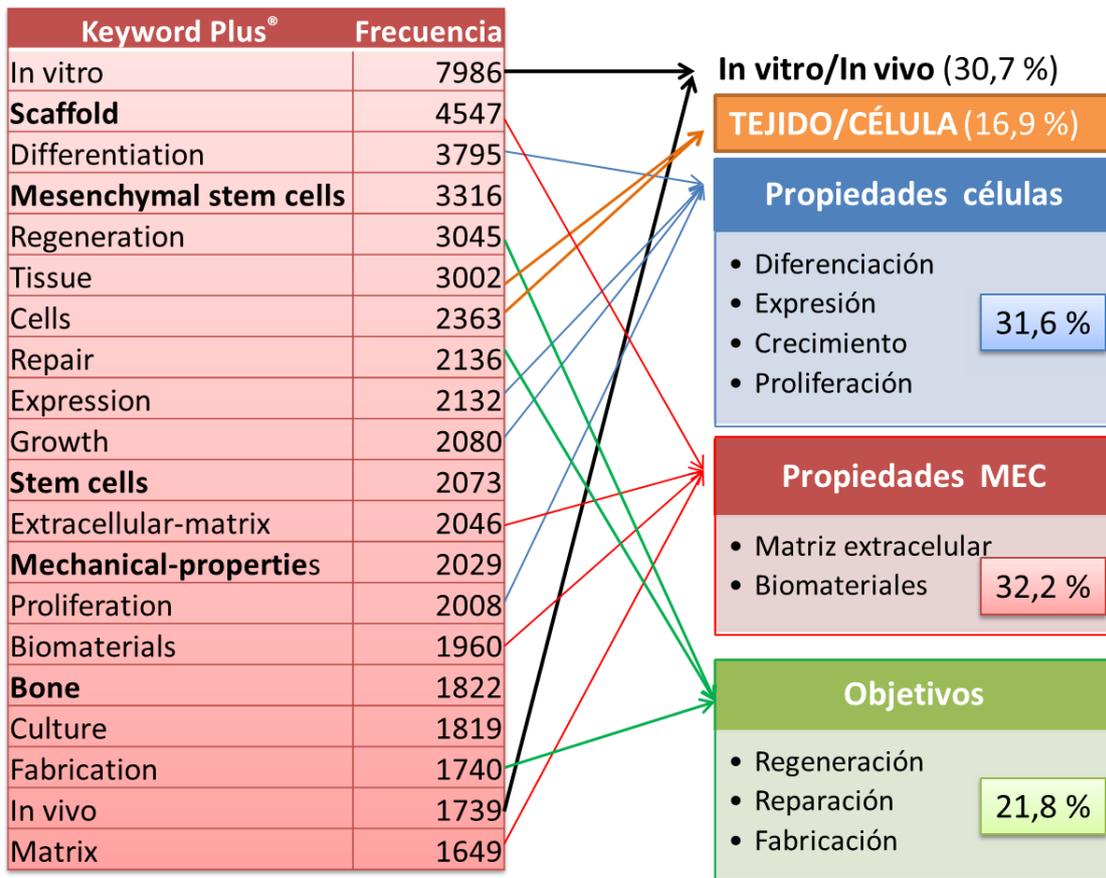


Figura 16. Agrupación de las palabras clave elegidas por los autores para conformar los principales conceptos umbrales (parte derecha) que derivan de la actividad de los investigadores.

“El médico que sólo sabe medicina; ni medicina sabe”.

(José de Letamendi y Manjarrés).

5. DISCUSIÓN.

5. DISCUSIÓN.

La identificación de la percepción del aprendizaje por parte de los estudiantes constituye un elemento crucial para el adecuado diseño y la implementación de estrategias pedagógicas. El proceso de aprendizaje depende de factores desencadenantes como la motivación (WOUTERS et al., 2016), el autorreconocimiento del progreso (BERKOVICH-OHANA et al., 2019) y la conciencia de profesionalidad (NEVE et al., 2017), por lo que la evaluación de la percepción de los estudiantes es un aspecto esencial de este proceso. El papel del estudiante en el proceso de aprendizaje ha sido examinado desde muchos puntos de vista en los últimos años (CAMPOS et al., 2018; AGARWAL & KAUSHIK, 2020; RAFATI et al., 2020; SUN et al., 2020). La metacognición, definida como el autoconocimiento de cómo funciona la mente y el control intencional de los procesos cognitivos, ha sido identificada como un componente relevante para el aprendizaje de los estudiantes (BRYCE et al., 2015; VETTORI et al., 2018). La motivación y las concepciones del aprendizaje se consideran constructos autorreguladores que surgen de la metacognición y que pueden influir estrechamente en el aprendizaje de los estudiantes y, en consecuencia, en sus resultados académicos (MARTIN & RAMSDEN, 1987; VETTORI et al., 2018). Las estrategias orientadas a la búsqueda de significado y a la relación de ideas (concepción reconstructiva) se han relacionado con el logro de resultados de aprendizaje de mayor calidad en comparación con los estudiantes que practican la memorización sin relación (concepción reproductiva) (ENTWISTLE et al., 2000; ZEEGERS, 2004). En consecuencia, las habilidades y percepciones metacognitivas de los estudiantes se consideran variables importantes para el aprendizaje de alta calidad (EFKLIDES, 2011; CAMPOS-SANCHEZ et al., 2012; CAMPOS-SANCHEZ et al., 2014a; CAMPOS-SANCHEZ et al., 2014b; AL KHADER et al., 2020).

Una de las teorías de aprendizaje que considera al alumno como elemento central de su propio aprendizaje es la teoría de los conceptos umbrales (MEYER & LAND, 2003), que ha sido un tema de creciente interés para la comunidad científica en la última década (SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2020). La teoría de los conceptos umbrales considera la educación como un espacio de incertidumbre, y propone la existencia de ciertos conceptos o experiencias de aprendizaje que se asemejan a puertas o portales conceptuales que conducen a una forma previamente inaccesible de pensar sobre algo o de entender algo (MEYER & LAND, 2003; MEYER & LAND, 2005). Una noción específica puede

considerarse un concepto si es transformadora: una vez comprendidos, estos conceptos desencadenan un cambio significativo en la percepción del alumno sobre un tema, así como elementos emocionales y performativos en el proceso de aprendizaje (MEZIRROW, 1990). Además, los conceptos umbrales son irreversibles, pues una vez aprendidos es poco probable que los alumnos los olviden. A su vez, son integradores, lo que significa que su adquisición suele revelar interrelaciones previamente ocultas entre temas aparentemente distantes. Por último, los conceptos umbrales son problemáticos para los alumnos porque su aprendizaje se percibe como difícil o disonante (MEYER & LAND, 2003). Por tanto, la identificación de los conceptos umbrales específicos dentro de una disciplina puede considerarse una herramienta relevante para el rediseño curricular focalizado, dado que la enseñanza de estos conceptos puede mejorar significativamente el aprendizaje de los estudiantes (ENTWISTLE, 2008).

No obstante, la identificación de los conceptos umbrales en las ciencias de la salud constituye actualmente un gran desafío para la educación superior, debido a la falta de un método estandarizado y validado para este fin (SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2020). Aunque los conceptos umbrales han sido identificados inicialmente por profesores y académicos de plantilla (DAVIES & MANGAN, 2007; MCKILLOP et al., 2014), la percepción de los estudiantes también puede jugar un papel clave en su identificación, y las percepciones de los estudiantes se utilizan ahora cada vez más en la comunidad científica para identificar dichos conceptos (CLOUDER, 2005; LOERTSCHER et al., 2014; PARK, 2014). En este sentido, varios autores han intentado identificar conceptos umbrales investigando las percepciones de los estudiantes de medicina tras realizar prácticas clínicas en cuidados paliativos (O'CALLAGHAN et al., 2020) y en pediatría (RANDALL et al., 2018). También se han utilizado reflexiones personales mediante diarios de audio y posterior discusión grupal para identificar conceptos umbrales en bioética (COLLETT et al., 2017), así como para comprender las experiencias de los estudiantes en el profesionalismo médico (NEVE et al., 2017). Sin embargo, la cuestión de cómo identificar adecuadamente dichos conceptos sigue sin resolverse (BARRADELL, 2013; SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2020). La identificación de conceptos umbrales se ha intentado aplicar en las asignaturas clínicas como una herramienta pedagógica que puede mejorar la enseñanza en los planes de estudio de ciencias de la salud, si bien, la aplicación de estas estrategias en asignaturas básicas, como es el caso de la Histología, aún no ha sido convenientemente abordada.

El proceso de identificación de los conceptos umbrales es complejo, no sólo debido a la abstracción misma de la definición de dichos conceptos, sino a quién debe ser el rol encargado de dicha identificación, ya que existen varias personas, o roles, implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además de los alumnos, como eje central y receptor del aprendizaje, en este también participan profesores y profesionales de la disciplina en cuestión. La colaboración entre estudiantes y profesores parece ser un enfoque adecuado que puede proporcionar un mayor rigor en la identificación de estos conceptos. En este sentido, Cousin, en 2009, propuso una estrategia denominada "investigación curricular transaccional" (*transactional curriculum inquiry*) basada en una interacción coordinada entre estudiantes, académicos, profesionales y también especialistas en estrategias didácticas como una asociación efectiva en este propósito (COUSIN, 2009). Un proyecto internacional de colaboración coordinado por la Universidad de Australia Occidental tenía como objetivo utilizar este enfoque de investigación curricular transaccional en el campo de la ingeniería (MALE & BAILLIE, 2014). La estrategia consistía en un flujo de trabajo en dos fases, una consistente en el análisis de asignaturas individuales y una segunda fase integradora en la que académicos y estudiantes de diferentes instituciones se centraban en las interacciones interdisciplinarias. Esta estrategia permitió una alta precisión en la identificación de 5 a 13 conceptos umbral. La presente Tesis Doctoral se incardina dentro de la estrategia multifactorial de Cousin en el que se aborda la identificación de los conceptos umbrales mediante la interacción de las diversas personas implicadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Histología. De un lado, se utiliza la percepción de los estudiantes para confirmar el papel de diversos conceptos umbrales propuestos por académicos y profesores. De otro lado, se estudia la percepción de los principales conceptos integradores, problemáticos, transformadores e irreversibles por parte de los investigadores mediante el estudio de los descriptores en los documentos científicos.

En relación con la identificación de conceptos umbrales de la Histología en graduados en distintas ciencias de la salud, la estrategia colaborativa utilizada, que combina la experiencia de los profesores y la percepción estudiantil sobre el aprendizaje, puede ofrecer un modelo más inclusivo para identificar las características asociadas a los conceptos umbrales, ya que se consulta a distintos actores en diferentes momentos del proceso de aprendizaje. Por un lado, los estudiantes pueden identificar de mejor manera el carácter problemático y transformador, es decir, participan los actores quienes se

enfrentan a ciertos conceptos por primera vez durante su formación universitaria; tal experiencia puede, por tanto, impulsarles al análisis de nuevos conceptos durante su formación. Los enfoques centrados exclusivamente en el estudiante, como las entrevistas narrativas y semiestructuradas, se consideran un método adecuado para evaluar el componente problemático de los conceptos umbrales, ya que permiten a los alumnos exponer sus historias particulares (MARTINDALE, 2015). Sin embargo, estos métodos podrían dar lugar a un cierto sesgo, ya que la percepción de un concepto problemático — difícil— no es únicamente indicativo de un concepto umbral, sino también de la falta de esfuerzo o motivación (SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2020).

Por otra parte, para complementar esta visión, el carácter integrador e irreversible de los conceptos umbrales puede evaluarse mejor a través de la colaboración con profesores y académicos, ya que su experiencia frente a diferentes disciplinas a lo largo de periodos más prolongados les capacita para desarrollar una visión más realista y completa de los conceptos.

Por todo ello, las estrategias sustentadas en la realización de cuestionarios, tal y como se ha realizado en la presente Tesis Doctoral, combinan las perspectivas de ambos actores involucrados en la experiencia de aprendizaje. Los profesores y académicos proponen determinados conceptos que los estudiantes evaluarán más tarde en términos de liminalidad, irreversibilidad, capacidad de transformación y carácter integrador. De hecho, estudios recientes han sugerido que el uso de cuestionarios diseñados por destacados expertos puede constituir un método aceptable para identificar los conceptos umbrales en la educación superior (KILGOUR et al., 2019).

Para que el estudio de identificación de conceptos umbrales en graduados se pudiera realizar de forma rigurosa y reproducible, en primer lugar, se necesitó la construcción y validación de un cuestionario específico, como es el CUHc. El CUHc trata de confirmar el carácter de 37 conceptos, propuestos por profesores del Departamento de Histología como conceptos umbrales, por parte de los alumnos. Mediante la aplicación de un análisis factorial exploratorio, se han agrupado los 37 conceptos umbrales en 10 factores diferentes. Además, un análisis factorial confirmatorio ha permitido la validación de la estructura de dicho cuestionario, demostrando un índice de bondad de ajuste aceptable.

En términos generales, los estudiantes de odontología, medicina y farmacia han identificado los conceptos vinculados a la organización tisular, a los estadios tisulares funcionales y a la identificación microscópica como los conceptos umbrales más importantes.

Hay que subrayar que los estudiantes de los diferentes grados percibieron el aprendizaje de la Histología como un proceso que requiere una integración de dos grandes dimensiones: Por una parte, aquellos conceptos estáticos relacionados con los elementos tisulares constitutivos, por ejemplo, el concepto de célula o de matriz extracelular; y por otra parte, aquellos conceptos dinámicos, como son las células madre como sustrato para la renovación tisular, así como los estadios eupláxico, proplásico y retroplásico. La complejidad para la integración de los conceptos estáticos y dinámicos puede suponer una considerable barrera para la comprensión de la histología (MARTIN-PIEDRA et al., 2022).

Los resultados de la presente Tesis Doctoral han puesto de manifiesto algunas diferencias en la percepción estudiantil entre los diferentes programas académicos de las carreras de ciencias de la salud, un resultado, lo cual, por cierto, no se ha producido de forma aislada. Resultados obtenidos previamente por Campos-Sanchez y colaboradores han encontrado diferencias significativas en los perfiles motivacionales de los estudiantes de los distintos programas académicos de las carreras de ciencias de la salud (CAMPOS-SANCHEZ et al., 2014a), y un trabajo relacionado ha establecido que las concepciones de aprendizaje también difieren de manera significativa entre los estudiantes de los programas de ciencias de la salud y los programas de otras áreas (CAMPOS et al., 2018). Este tipo de resultados están en concordancia con los resultados propios obtenidos durante el desarrollo de la presente Tesis Doctoral.

Los estudiantes de odontología, en particular, identificaron los conceptos vinculados a la organización tisular y a los conceptos morfoestructurales como los más importantes para su carrera. En odontología, los conceptos morfológicos y funcionales mantienen una estrecha interrelación, lo cual podría obstaculizar los esfuerzos estudiantiles por su diferenciación (NANCI, 2018). No obstante, en medicina, la morfología, es decir, el estudio del tamaño, de la forma y de las partes constitutivas de los tejidos, está bien delimitada del estudio fisiológico de las diferentes funciones tisulares (ANYANWU et al., 2012; SHERER et al., 2014). Una vez identificada, esta

divergencia conceptual podría servir para el diseño de programas pedagógicos, cuya elaboración se realice a partir de la colaboración entre estudiantes de distintas disciplinas de ciencias de la salud, y para promover el desarrollo de competencias interprofesionales en histología, según se ha propuesto en un estudio anterior (HABER et al., 2020).

Por su parte, los estudiantes de medicina han considerado el aprendizaje de los conceptos histológicos asociados a la identificación bidimensional de las estructuras microscópicas como un área de interés. Esta percepción plantea una cuestión trascendente, ya que las habilidades de identificación microscópica son necesarias para la formación en histología y también para el aprendizaje de asignaturas de medicina aplicada como la patología humana (Braun y Kearns, 2008). A este respecto, una reciente revisión sistemática ha contrastado el papel de la microscopía digital en comparación con la microscopía óptica convencional para la formación en patología (RODRIGUES-FERNANDES et al., 2020).

La correcta identificación de los tejidos bajo el microscopio ayuda a consolidar los principios y los conceptos adquiridos, y agrega un elemento de conocimiento práctico que no puede adquirirse únicamente con la enseñanza teórica. La comprensión de las características bidimensionales de las imágenes microscópicas será útil sin duda en la formación posterior de los estudiantes en el plan de estudios de las ciencias de la salud, y podrá ayudarles en el futuro a la obtención de mejores habilidades y competencias en materia de diagnóstico clínico. De hecho, la histología moderna, la cual está orientada de forma directa a la resolución de problemas clínicos mediante el uso de métodos docentes como el análisis de preparaciones histopatológicas (CHAPMAN et al., 2020; HODA & HODA, 2021), es uno de los pilares de la capacitación clínica y profesional de los futuros médicos.

En relación con otros conceptos umbrales, las percepciones de los estudiantes de medicina y de los alumnos de odontología con respecto a los conceptos de ingeniería tisular (tejidos nativos, tejidos artificiales y cultivo de células, tejidos y órganos) difieren de manera significativa en comparación con los estudiantes de farmacia. Estos resultados son plausibles ya que, en las carreras de medicina y odontología, la histología se considera no sólo una herramienta de diagnóstico, sino también una disciplina orientada al tratamiento contra enfermedades en seres humanos por medio de tejidos artificiales. Este objetivo educativo es muy importante en la actualidad, ya que la ingeniería tisular supone

hoy en día un área consolidada con un marco cognitivo bien definido, el cual puede implementarse en los programas educativos en conjunto con la histología (SAAVEDRA-CASADO et al., 2017; SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2018; SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2019; MARTIN-PIEDRA et al., 2020). En la actualidad, ya se han desarrollado diferentes tejidos bioartificiales para la sustitución funcional de huesos dañados (MCDERMOTT et al., 2019), córneas (GONZALEZ-ANDRADES et al., 2017; RICO-SANCHEZ et al., 2019), nervios periféricos (CARRIEL et al., 2017; HUANG et al., 2020), piel (EGEA-GUERRERO et al., 2019), vasos sanguíneos (CHANDRA & ATALA, 2019), cartílagos (PARK et al., 2020) y mucosa oral (BLANCO-ELICES et al., 2020; BLANCO-ELICES et al., 2021), entre otros tejidos. Precisamente por todo ello, ahora que se dispone de nuevos tejidos artificiales biomiméticos para el tratamiento contra afecciones antes intratables, la ingeniería tisular debería abordarse como un nuevo horizonte de la ciencia histológica y también como un elemento fundamental de los programas educativos en los planes de estudio de las ciencias de la salud (GRIFFITH et al., 2006; WYLES et al., 2019). Es probable que, ante esta repercusión clínica, los estudiantes de medicina y de odontología hayan considerado los conceptos de ingeniería tisular como más valiosos y aplicables a la práctica clínica diaria, mientras que los estudiantes de farmacia no han compartido la misma percepción.

Para los estudiantes de farmacia que participaron en el estudio, la histología no es tan importante como asignatura transversal en su programa de estudios superiores, como sí lo son otras asignaturas como la bioquímica y el desarrollo farmacéutico, a las cuales prestan más atención. La histología, tal y como se imparte en el plan de estudios de la carrera de farmacia, está orientada al conocimiento de las estructuras histológicas vinculadas de manera funcional al metabolismo de los medicamentos y a la absorción, distribución y eliminación de sus diferentes componentes (PANG et al., 2020). La comprensión de las estructuras histológicas en órganos como el hígado y los riñones representa un tema importante, porque este conocimiento es necesario para entender mejor el metabolismo de los medicamentos junto con los efectos terapéuticos y los posibles efectos secundarios de los principios activos correspondientes (KLEINER, 2018; AL-NAIMI et al., 2019). Por ello, no sorprende que los estudiantes de farmacia hayan valorado más los conceptos histológicos asociados a la organización tisular y a los estadios tisulares funcionales.

De forma resumida, la utilización de un cuestionario sobre la percepción de conceptos umbrales aporta pruebas con respecto a un enfoque para identificar diferentes

perfiles pedagógicos relacionados con la enseñanza de la histología en las carreras de odontología, medicina y farmacia. De forma común, los tres grupos de estudiantes participantes en la presente Tesis Doctoral han considerado el aprendizaje de las estructuras orgánicas microscópicas como un proceso que requiere la armonización de conceptos estáticos y dinámicos.

Más allá de la percepción de alumnos y profesores, los investigadores, como protagonistas de la investigación y del avance de los diferentes campos de estudio y líneas de trabajo, tienen mucho que aportar en la identificación de aquellos conceptos que pueden transformar de forma irreversible la comprensión de dicho campo de estudio, tal y como se propugna en la teoría de la investigación curricular transaccional (COUSIN, 2009). Para la evaluación de los potenciales conceptos umbrales entre los investigadores se emplearon técnicas básicas de bibliometría.

La bibliometría, como parte de la cienciometría (el estudio cuantitativo de la ciencia), es la investigación sobre la comunicación científica, que se encarga de analizar específicamente los datos de las publicaciones, las citas, las revistas o las palabras clave de dichas publicaciones. En cuanto a los conceptos umbrales, se trata de palabras o conceptos que tienen un significado especial en un contexto particular, concretamente el contexto del aprendizaje. Esta definición es similar al concepto de las palabras clave, utilizadas en el lenguaje informático para destacar y describir el contenido de un objeto digital. En bibliometría, las palabras clave son una de las unidades de análisis con las que podemos trabajar para descubrir las relaciones ocultas detrás de la producción científica. En este caso, se podría utilizar la bibliometría aplicada sobre las palabras clave para descubrir los conceptos umbrales percibidos por los investigadores.

El análisis bibliométrico podría utilizarse para el aislamiento de algunas nociones que aparecen un gran número de veces y que, por tanto, alcanzan una gran proyección en el proceso de investigación. Estos términos implican, en consecuencia, reiteración de conceptos que deben, necesariamente, repetirse y que están, por tanto, vinculados a la problematización hipotética del trabajo planteado, y a la transformación innovadora que el mismo plantea. La simultaneidad de un conjunto de términos en una misma publicación revela una concordancia integradora que confiere al conjunto de palabras clave de una publicación el carácter de posibles conceptos umbrales asociados al tema objeto de estudio. Dicho de otra forma, las tendencias de investigación presentan algunas

características que están estrechamente relacionadas con las de los conceptos umbrales, lo que sugiere que el análisis bibliométrico podría surgir como una nueva herramienta objetiva, reproducible y cuantificable que puede ser utilizado como estrategia metodológica en la identificación de conceptos umbrales (SANTISTEBAN-ESPEJO et al., 2020).

En la presente Tesis Doctoral se han estudiado dos tipos de descriptores de contenido en las publicaciones. Por una parte, se han evaluado las palabras clave elegidas por los autores de las publicaciones. Estas palabras clave son descriptores no controlados a través de las cuales los autores tratan de reseñar cuáles son las principales aportaciones de la publicación y el valor añadido que aportan de cara al futuro, lo que da al lector una idea de hacia dónde deben dirigirse los resultados publicados. Por otra parte, también se ha evaluado la frecuencia de aparición de las *Keywords Plus*[®], un descriptor controlado obtenido a partir de las palabras más relevantes en los títulos de los trabajos citados en cada publicación. Este tipo de descriptor aporta una visión diferente a las palabras clave anteriores. En este caso, las *Keywords Plus*[®] aportan información descriptiva sobre la base científica en la que se sustenta la publicación (“de donde viene”) y no tanto del valor obtenido que servirá, a su vez, de base científica para futuras publicaciones (“a dónde va”).

La diferente naturaleza de cada uno de estos dos descriptores explica las diferencias obtenidas al evaluar la frecuencia de aparición de cada una de ellas. En relación con las palabras clave elegidas por los autores, destaca de forma significativa la aparición del término “ingeniería tisular” en prácticamente uno de cada 5 trabajos. Esto responde a un énfasis realizado por los propios investigadores para delimitar esta línea de trabajo de aparición reciente y desarrollo actual. También es muy destacable el hecho de que el 45,8% de los trabajos utilizan al menos una palabra clave relacionada con los elementos constituyentes de la ingeniería tisular —células, matrices y señales—, lo cual da una idea del grado de desarrollo de esta línea de investigación que constituye uno de los frentes de avance del Histología actual.

Cuando se evaluaron las *Keywords Plus*[®], no se observaron diferencias tan claras, estando las diferentes palabras repartidas de una forma más equitativa. En este caso es destacable la aparición del término *in vitro*, como la palabra más frecuente. Este tipo de hallazgos también aporta una idea del estado de la investigación actual, en el que casi

todos los esfuerzos siguen destinados al desarrollo de sustitutos tisulares en laboratorio y aún existe pocos trabajos cuyo objetivo sea la implantación de dichos sustitutos en humanos. Además de palabras relacionadas con los elementos constituyentes de los tejidos artificiales, el análisis de las Keywords Plus[®] también hizo emerger otros conceptos que, por ser genéricos, no suelen ser destacados por los autores, como son los conceptos de regeneración, así como los conceptos de reparación y fabricación, que describen los objetivos que se pretenden lograr con la nueva Histología Reconstructiva.

Resulta también interesante algunas concordancias observadas al evaluar tanto las palabras clave de los autores como las Keywords Plus[®]. Es el caso de términos como matriz y células madre mesenquimales, que aparecieron destacadas en ambos casos. Este tipo de hallazgos sirven para confirmar el principal papel de dichos conceptos en la construcción y desarrollo de tejidos artificiales. Existe en la actualidad un gran esfuerzo (muchas publicaciones) por investigar estas cuestiones, por lo que, presumiblemente, puedan ser considerados como conceptos umbrales.

“Primum non nocere”.

(Hipócrates).

6. CONCLUSIONES.

6. CONCLUSIONES.

De los resultados alcanzados en la presente Tesis Doctoral y de su discusión en el contexto de la bibliografía existente se infieren las siguientes conclusiones:

1. El desarrollo de encuestas validadas dirigidas a estudiantes de los grados de Medicina, Odontología y Farmacia y la determinación cuantitativa de descriptores controlados y no controlados mediante análisis bibliométrico en publicaciones científicas, permiten la identificación de conceptos umbrales vinculados a la ingeniería tisular, potencialmente útiles en la implementación del aprendizaje de dicha materia en los distintos programas de grado y postgrado en ciencias de la salud.
2. La investigación realizada en los estudiantes de grado de Medicina, Odontología y Farmacia pone de relieve que los conceptos umbrales estáticos vinculados a la organización tisular y los conceptos umbrales dinámicos vinculados a los estados funcionales tisulares constituyen los conceptos umbrales básicos sobre los que ha de sustentarse el aprendizaje de la ingeniería tisular como componente formativo en los programas de grado en ciencias de la salud.
3. La investigación realizada en los estudiantes de grado de Medicina, Odontología y Farmacia pone de relieve la prioridad de los estudiantes de Odontología en la identificación de conceptos umbrales vinculados a los patrones histológicos estructurales, la prioridad de los estudiantes de Farmacia en la identificación de conceptos umbrales vinculados a los patrones histofuncionales y la prioridad de los estudiantes de Medicina en la identificación de conceptos umbrales vinculados a la observación bidimensional de estructuras microscópicas. Dichas prioridades se correlacionan con la orientación curricular actual para cada grado, las habilidades y destrezas a alcanzar establecidas para cada uno de ellos y la proyección profesional de la ingeniería tisular en el horizonte de los mismos.
4. La investigación realizada en las publicaciones, llevadas a cabo por los investigadores, pone de relieve que los conceptos umbrales prioritarios, identificados mediante el análisis bibliométrico, están relacionados con los distintos elementos constitutivos de la ingeniería tisular, especialmente con el concepto de matriz, célula madre mesenquimal y evaluación *in vitro*. Dicha identificación se correlaciona con una formación postgraduada en la que la ingeniería tisular, como materia formativa, está presente de modo significativo y en un estadio de desarrollo básicamente experimental.

5. La identificación de los conceptos umbrales prioritarios a nivel de grado, en las distintas ciencias de la salud, y la identificación de los conceptos umbrales consolidados de los investigadores en el ámbito de la ingeniería tisular, permiten construir y establecer, en el contexto educativo de la teoría de Cousin, de la investigación curricular transaccional que aúna las aportaciones de estudiantes, profesores e investigadores, nuevos modelos diferenciados y optimizados de diseño curricular, específicos para cada grado, destinados al aprendizaje de la ingeniería tisular como rama emergente de la Histología en las distintas áreas profesionales de las ciencias de la salud.

*“La lectura nos regala mucha compañía, libertad para ser de otra manera
y ser más”.*

(Pedro Laín Entralgo).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AGARWAL S & KAUSHIK JS. (2020). Student's Perception of Online Learning during COVID Pandemic. *Indian J Pediatr*, 87(7), 554. DOI: 10.1007/s12098-020-03327-7.
- AL-NAIMI MS, RASHEED HA, HUSSEIN NR, AL-KURAI SHY HM & AL-GAREEB AI. (2019). Nephrotoxicity: Role and significance of renal biomarkers in the early detection of acute renal injury. *J Adv Pharm Technol Res*, 10(3), 95-99. DOI: 10.4103/japtr.JAPTR_336_18.
- AL KHADER A, OBEIDAT F, ABU SHAHIN N, A KHOURI N, KADDUMI E, QA'QA' S, et al. (2020). Medical Students' Perceptions of Pathology and a Proposed Curricular Integration with Histology: A Future Vision of Curricular Change. *International Journal of Morphology*, 38(1), 38-42. DOI: 10.4067/s0717-95022020000100038.
- ALAMDARLOO GH, MORADI S & DEHSHIRI GR. (2013). The Relationship between Students' Conceptions of Learning and Their Academic Achievement. *Psychology*, 04(01), 44-49. DOI: 10.4236/psych.2013.41006.
- ANYANWU GE, AGU AU & ANYAEHIE UB. (2012). Enhancing learning objectives by use of simple virtual microscopic slides in cellular physiology and histology: impact and attitudes. *Adv Physiol Educ*, 36(2), 158-163. DOI: 10.1152/advan.00008.2012.
- BAILLIE C, GOODHEW P & SKRYABINA E. (2006). Threshold concepts in engineering education-exploring potential blocks in student understanding. *International Journal of Engineering Education*, 22(5), 955-962.
- BAKKALBASI N, BAUER K, GLOVER J & WANG L. (2006). Three options for citation tracking: Google Scholar, Scopus and Web of Science. *Biomedical Digital Libraries*, 3, 7. DOI: 10.1186/1742-5581-3-7.

- BARRADELL S. (2013). The identification of threshold concepts: a review of theoretical complexities and methodological challenges. *Higher Education*, 65(2), 265-276. DOI: 10.1007/s10734-012-9542-3.
- BERKOVICH-OHANA A, JENNINGS PA & LAVY S. (2019). Contemplative neuroscience, self-awareness, and education. *Prog Brain Res*, 244, 355-385. DOI: 10.1016/bs.pbr.2018.10.015.
- BLANCO-ELICES C, CHATO-ASTRAIN J, OYONARTE S, BERMEJO-CASARES F, ESPAÑA-LÓPEZ A, FERNÁNDEZ-VALADÉS R, et al. (2021). Generation of a novel model of bioengineered human oral mucosa with increased vascularization potential. *J Periodontal Res*, 56(6), 1116-1131. DOI: 10.1111/jre.12927.
- BLANCO-ELICES C, ESPAÑA-GUERRERO E, MATEU-SANZ M, SANCHEZ-PORRAS D, GARCIA-GARCIA OD, SANCHEZ-QUEVEDO MDC, et al. (2020). In vitro generation of novel functionalized biomaterials for use in oral and dental regenerative medicine applications. *Materials (Basel)*, 13(7). DOI: 10.3390/ma13071692.
- BRYCE D, WHITEBREAD D & SZÜCS D. (2015). The relationships among executive functions, metacognitive skills and educational achievement in 5 and 7 year-old children. *Metacognition and Learning*, 10(2), 181-198. DOI: 10.1007/s11409-014-9120-4.
- CAMPOS-SANCHEZ A, LOPEZ-NUNEZ JA, CARRIEL V, MARTIN-PIEDRA MA, SOLA T & ALAMINOS M. (2014a). Motivational component profiles in university students learning histology: a comparative study between genders and different health science curricula. *BMC Med Educ*, 14, 46. DOI: 10.1186/1472-6920-14-46.
- CAMPOS-SANCHEZ A, LOPEZ-NUNEZ JA, SCIONTI G, GARZON I, GONZALEZ-ANDRADES M, ALAMINOS M, et al. (2014b). Developing an audiovisual notebook as a self-learning tool in histology: perceptions of teachers and students. *Anat Sci Educ*, 7(3), 209-218. DOI: 10.1002/ase.1386.
- CAMPOS-SANCHEZ A, MARTÍN-PIEDRA M, CARRIEL V, GONZÁLEZ-ANDRADES M, GARZÓN I, SÁNCHEZ-QUEVEDO MC, et al. (2012). Reception learning and self-

- discovery learning in histology: students' perceptions and their implications for assessing the effectiveness of different learning modalities. *Anat Sci Educ*, 5(5), 273-280. DOI: 10.1002/ase.1291.
- CAMPOS A. (2004). Objetivos conceptuales y metodológicos de la investigación histológica. *Educación Médica*, 7, 36-40.
- CAMPOS F, SOLA M, SANTISTEBAN-ESPEJO A, RUYFFELAERT A, CAMPOS-SANCHEZ A, GARZON I, et al. (2018). Conceptions of learning factors in postgraduate health sciences master students: a comparative study with non-health science students and between genders. *BMC Med Educ*, 18(1), 128. DOI: 10.1186/s12909-018-1227-x.
- CARMICHAEL P. (2010). Threshold Concepts, Disciplinary Differences And Cross-Disciplinary Discourse. *Learning and Teaching in Higher Education-Gulf Perspectives*, 7(2), 53-71. DOI: 10.18538/lthe.v7.n2.43.
- CARRIEL V, SCIONTI G, CAMPOS F, RODA O, CASTRO B, CORNELISSEN M, et al. (2017). In vitro characterization of a nanostructured fibrin agarose bio-artificial nerve substitute. *J Tissue Eng Regen Med*, 11(5), 1412-1426. DOI: 10.1002/term.2039.
- CHANDRA P & ATALA A. (2019). Engineering blood vessels and vascularized tissues: technology trends and potential clinical applications. *Clin Sci (Lond)*, 133(9), 1115-1135. DOI: 10.1042/CS20180155.
- CHAPMAN JA, LEE LMJ & SWAILES NT. (2020). From Scope to Screen: The Evolution of Histology Education. *Adv Exp Med Biol*, 1260, 75-107. DOI: 10.1007/978-3-030-47483-6_5.
- CLOUDER L. (2005). Caring as a 'threshold concept': Transforming students in higher education into health (care) professionals. *Teaching in Higher Education*, 10(4), 505-517. DOI: 10.1080/13562510500239141.
- COLLETT T, NEVE H & STEPHEN N. (2017). Using audio diaries to identify threshold concepts in 'softer' disciplines: A focus on medical education. *Practice and*

Evidence of Scholarship of Teaching and Learning in Higher Education, 12(2), 99-117.

COPE C & STAEHR L. (2008). Improving student learning about a threshold concept in the IS discipline. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 11, 349-364.

COUSIN G. (2009). *Researching Learning in Higher Education: An Introduction to Contemporary Methods and Approaches*.

COUSIN G. (2015). An introduction to threshold concepts. *Planet*, 17(1), 4-5. DOI: 10.11120/plan.2006.00170004.

CUENDE N & IZETA A. (2010). Clinical translation of stem cell therapies: a bridgeable gap. *Cell stem cell*, 6(6), 508-512. DOI: 10.1016/j.stem.2010.05.005.

DART BC, BURNETT PC, PURDIE N, BOULTON-LEWIS G, CAMPBELL J & SMITH D. (2000). Students' conceptions of learning, the classroom environment, and approaches to learning. *Journal of Educational Research*, 93(4), 262-270. DOI: 10.1080/00220670009598715.

DAVIES P & MANGAN J. (2007). Threshold concepts and the integration of understanding in economics. *Studies in Higher Education*, 32(6), 711-726. DOI: 10.1080/03075070701685148.

EFKLIDES A. (2011). Interactions of Metacognition With Motivation and Affect in Self-Regulated Learning: The MASRL Model. *Educational Psychologist*, 46(1), 6-25. DOI: 10.1080/00461520.2011.538645.

EGEA-GUERRERO JJ, CARMONA G, CORREA E, MATA R, ARIAS-SANTIAGO S, ALAMINOS M, et al. (2019). Transplant of Tissue-Engineered Artificial Autologous Human Skin in Andalusia: An Example of Coordination and Institutional Collaboration. *Transplant Proc*, 51(9), 3047-3050. DOI: 10.1016/j.transproceed.2019.08.014.

- ENTWISTLE N. (2008). Threshold concepts and transformative ways of thinking within research into higher education. In R. Land, J. H. F. Meyer, & J. Smith (Eds.), *Threshold Concepts within the Disciplines* (pp. 21-36). Rotterdam: Sense Publishers.
- ENTWISTLE N, TAIT H & MCCUNE V. (2000). Patterns of response to an approaches to studying inventory across contrasting groups and contexts. *European Journal of Psychology of Education*, 15(1), 33. DOI: 10.1007/BF03173165.
- FOUBERG EH. (2013). "The world is no longer flat to me": student perceptions of threshold concepts in world regional geography. *Journal of Geography in Higher Education*, 37(1), 65-75. DOI: 10.1080/03098265.2012.654467.
- GAUNT T & LOFFMAN C. (2018). When I say... threshold concepts. *Med Educ*, 52(8), 789-790. DOI: 10.1111/medu.13537.
- GONZALEZ-ANDRADES M, MATA R, GONZALEZ-GALLARDO MDC, MEDIALDEA S, ARIAS-SANTIAGO S, MARTINEZ-ATIENZA J, et al. (2017). A study protocol for a multicentre randomised clinical trial evaluating the safety and feasibility of a bioengineered human allogeneic nanostructured anterior cornea in patients with advanced corneal trophic ulcers refractory to conventional treatment. *BMJ Open*, 7(9), e016487. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-016487.
- GRIFFITH L, SWARTZ M & TRANQUILLO R. (2006). Education for careers in tissue engineering and regenerative medicine. *Ann Biomed Eng*, 34(2), 265-269. DOI: 10.1007/s10439-005-9038-8.
- HABER J, HARTNETT E, CIPOLLINA J, ALLEN K, CROWE R, ROITMAN J, et al. (2020). Attaining interprofessional competencies by connecting oral health to overall health. *J Dent Educ*. DOI: 10.1002/jdd.12490.
- HODA SA & HODA RS. (2021). Diagnostic Histopathology of Tumors. *Am J Clin Pathol*, 155, 148-149. DOI: 10.1093/ajcp/aqaa162.

- HUANG Z, POWELL R, PHILLIPS JB & HAASSTERT-TALINI K. (2020). Perspective on Schwann Cells Derived from Induced Pluripotent Stem Cells in Peripheral Nerve Tissue Engineering. *Cells*, 9(11). DOI: 10.3390/cells9112497.
- KATARI R, PELOSO A & ORLANDO G. (2014). Tissue engineering and regenerative medicine: semantic considerations for an evolving paradigm. *Front Bioeng Biotechnol*, 2, 57. DOI: 10.3389/fbioe.2014.00057.
- KILEY M. (2009). Identifying threshold concepts and proposing strategies to support doctoral candidates. *Innovations in Education and Teaching International*, 46(3), 293-304. DOI: 10.1080/14703290903069001.
- KILGOUR P, REYNAUD D, NORTHCOTE M, MCLOUGHLIN C & GOSSELIN KP. (2019). Threshold concepts about online pedagogy for novice online teachers in higher education. *Higher Education Research & Development*, 38(7), 1417-1431. DOI: 10.1080/07294360.2018.1450360.
- KLEINER DE. (2018). Recent Advances in the Histopathology of Drug-Induced Liver Injury. *Surg Pathol Clin*, 11(2), 297-311. DOI: 10.1016/j.path.2018.02.009.
- LAND R, MEYER J & SMITH J. (2008). *Threshold Concepts Within the Disciplines*. Rotterdam: Sense Publishers.
- LANGER R & VACANTI JP. (1993). Tissue engineering. *Science*, 260(5110), 920-926. DOI: 10.1126/science.8493529.
- LOERTSCHER J, GREEN D, LEWIS JE, LIN S & MINDERHOUT V. (2014). Identification of Threshold Concepts for Biochemistry. *Cbe-Life Sciences Education*, 13(3), 516-528. DOI: 10.1187/cbe.14-04-0066.
- MALE SA & BAILLIE CA. (2014). *Research-Guided Teaching Practices Engineering Threshold Concepts as an Approach to Curriculum Renewal*. Cambridge: Cambridge Univ Press.

- MARTIN-PIEDRA MA, SAAVEDRA-CASADO S, SANTISTEBAN-ESPEJO A, CAMPOS F, CHATO-ASTRAIN J, GARCIA-GARCIA OD, et al. (2022). Identification of Histological Threshold Concepts in Health Sciences Curricula: Students' Perception. *Anat Sci Educ*. DOI: 10.1002/ase.2171.
- MARTIN-PIEDRA MA, SANTISTEBAN-ESPEJO A, MORAL-MUNOZ JA, CAMPOS F, CHATO-ASTRAIN J, GARCIA-GARCIA OD, et al. (2020). An Evolutive and Scientometric Research on Tissue Engineering Reviews. *Tissue Eng Part A*, 26(9-10), 569-577. DOI: 10.1089/ten.TEA.2019.0247.
- MARTIN E & HERNANDEZ J. (2014). *Pedagogía audiovisual: monográfico de experiencias docentes multimedia*. Madrid: Servicio de publicaciones de la Universidad Rey Juan Carlos.
- MARTIN E & RAMSDEN P. (1987). Learning skills, or skill in learning? In J. T. E. Richardson, M. W. Eysenck, & D. W. Piper (Eds.), *Student learning: Research in education and cognitive psychology*. (pp. 155-167). Maidenhead, BRK, England: Open University Press.
- MARTINDALE L. (2015). *Threshold concepts in research and evidence-based practice : investigating troublesome learning for undergraduate nursing students*. Durham University,
- MCDERMOTT AM, HERBERG S, MASON DE, COLLINS JM, PEARSON HB, DAWAHARE JH, et al. (2019). Recapitulating bone development through engineered mesenchymal condensations and mechanical cues for tissue regeneration. *Sci Transl Med*, 11(495). DOI: 10.1126/scitranslmed.aav7756.
- MCKILLOP A, ATHERFOLD C & LEES G. (2014). The Power of Synergy: An Academic/Clinical Partnership for Transformational Change. *Advances in Nursing*, 2014, 1-11. DOI: 10.1155/2014/605835.
- MEYER J & LAND R. (2003). *Threshold concepts and troublesome knowledge: Linkage to ways of thinking and practising within the disciplines*. Retrieved from Edimburgh: University of Edimburgh

- MEYER J & LAND R. (2006). *Overcoming barriers to student understanding : threshold concepts and troublesome knowledge*. London ; New York: Routledge.
- MEYER JHF & LAND R. (2005). Threshold concepts and troublesome knowledge (2): Epistemological considerations and a conceptual framework for teaching and learning. *Higher Education*, 49(3), 373-388. DOI: 10.1007/s10734-004-6779-5.
- MEZIROU J. (1990). How critical reflection triggers transformative learning. *Fostering critical reflection in adulthood*, 1(20), 1-6.
- NANCI A. (2018). *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function*: Elsevier.
- NEVE H, LLOYD H & COLLETT T. (2017). Understanding students' experiences of professionalism learning: a 'threshold' approach. *Teaching in Higher Education*, 22(1), 92-108. DOI: 10.1080/13562517.2016.1221810.
- NEVE H, WEARN A & COLLETT T. (2016). What are threshold concepts and how can they inform medical education? *Medical Teacher*, 38(8), 850-853. DOI: 10.3109/0142159X.2015.1112889.
- O'CALLAGHAN A, WEARN A & BARROW M. (2020). Providing a liminal space: Threshold concepts for learning in palliative medicine. *Medical Teacher*, 42(4), 422-428. DOI: 10.1080/0142159X.2019.1687868.
- O'DONNELL RM. (2009). Threshold concepts and their relevance to economics. *Fac Commer - Pap*, 190-200.
- PALSSON B & BHATIA S. (2004). *Tissue engineering*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall.
- PANG KS, PENG HB & NOH K. (2020). The Segregated Intestinal Flow Model (SFM) for Drug Absorption and Drug Metabolism: Implications on Intestinal and Liver Metabolism and Drug-Drug Interactions. *Pharmaceutics*, 12(4). DOI: 10.3390/pharmaceutics12040312.

- PARK DY, MIN BH, PARK SR, OH HJ, TRUONG MD, KIM M, et al. (2020). Engineered cartilage utilizing fetal cartilage-derived progenitor cells for cartilage repair. *Sci Rep*, 10(1), 5722. DOI: 10.1038/s41598-020-62580-0.
- PARK EJ. (2014). Analysis and Identification of Students' Threshold Concepts in High School Chemistry. *Journal of the Korean Chemical Society-Daehan Hwahak Hoe Jee*, 58(1), 126-139. DOI: 10.5012/jkcs.2014.58.1.126.
- PURDIE N & HATTIE J. (2002). Assessing students' conceptions of learning. *Australian Journal of Educational and Developmental Psychology*, 2, 17-32.
- RAFATI F, BAGHERIAN B, MANGOLIAN SHAHRBABAKI P & IMANI GOGHARY Z. (2020). The relationship between clinical dishonesty and perceived clinical stress among nursing students in southeast of Iran. *BMC Nurs*, 19, 39. DOI: 10.1186/s12912-020-00434-w.
- RANDALL V, BROOKS R, MONTGOMERY A & MCNALLY L. (2018). Threshold Concepts in Medical Education. *MedEdPublish*, 7(3), 38. DOI: 10.15694/mep.2018.0000176.1.
- RICO-SANCHEZ L, GARZON I, GONZALEZ-ANDRADES M, RUIZ-GARCIA A, PUNZANO M, LIZANA-MORENO A, et al. (2019). Successful development and clinical translation of a novel anterior lamellar artificial cornea. *J Tissue Eng Regen Med*, 13(12), 2142-2154. DOI: 10.1002/term.2951.
- RODGER S, TURPIN M & O'BRIEN M. (2015). Experiences of academic staff in using threshold concepts within a reformed curriculum. *Studies in Higher Education*, 40(4), 545-560. DOI: 10.1080/03075079.2013.830832.
- RODRIGUES-FERNANDES CI, SPEIGHT PM, KHURRAM SA, ARAUJO ALD, PEREZ D, FONSECA FP, et al. (2020). The use of digital microscopy as a teaching method for human pathology: a systematic review. *Virchows Arch*, 477(4), 475-486. DOI: 10.1007/s00428-020-02908-3.

- SAAVEDRA-CASADO S, CAMPOS F, SANTISTEBAN-ESPEJO A, MARTIN-PIEDRA MA, DURAND-HERRERA D & CAMPOS-SANCHEZ A. (2017). Identification and threshold concepts' perceptions in tissue engineering medical students. *Actualidad Médica*, 102(800), 29-33. DOI: 10.15568/am.2017.800.or05.
- SANTISTEBAN-ESPEJO A, CAMPOS F, CHATO-ASTRAIN J, DURAND-HERRERA D, GARCIA-GARCIA O, CAMPOS A, et al. (2019). Identification of cognitive and social framework of tissue engineering by science mapping analysis. *Tissue Engineering Part C Methods*, 25(1), 37-48. DOI: 10.1089/ten.TEC.2018.0213.
- SANTISTEBAN-ESPEJO A, CAMPOS F, MARTIN-PIEDRA L, DURAND-HERRERA D, MORAL-MUNOZ JA, CAMPOS A, et al. (2018). Global tissue engineering trends: A scientometric and evolutive study. *Tissue Engineering Part A*, 24(19-20), 1504-1517. DOI: 10.1089/ten.TEA.2018.0007.
- SANTISTEBAN-ESPEJO A, MORAL-MUNOZ JA, CAMPOS A & MARTIN-PIEDRA MA. (2020). The challenge of discovering the threshold concepts of medical research areas: A bibliometrics-based approach. *Med Hypotheses*, 143, 110099. DOI: 10.1016/j.mehy.2020.110099.
- SERBANESCU R. (2017). Identifying Threshold Concepts in Physics: too many to count! *Practice Evidence of the Scholarship of Teaching Learning in Higher Education*, 12, 378-396.
- SHERER R, WAN Y, DONG H, COOPER B, MORGAN I, PENG B, et al. (2014). Positive impact of integrating histology and physiology teaching at a medical school in China. *Adv Physiol Educ*, 38(4), 330-338. DOI: 10.1152/advan.00071.2014.
- SHUELL TJ. (1986). Cognitive Conceptions of Learning. *Review of Educational Research*, 56(4), 411-436. DOI: 10.2307/1170340.
- SUN J, ADEGBOSIN AE, REHER V, REHBEIN G & EVANS J. (2020). Validity and reliability of a self-assessment scale for Dental and Oral Health student's perception of transferable skills in Australia. *Eur J Dent Educ*, 24(1), 42-52. DOI: 10.1111/eje.12466.

- UNIÓN EUROPEA. Reglamento (CE) No 1394/2007 del Parlamento europeo y del Consejo de 13 de Noviembre de 2007 sobre medicamentos de terapia avanzada y por el que se modifica la Directiva 2001/83/CE y el Reglamento (CE) no 726/2004. Diario Oficial de la Unión Europea L 324, 10 de diciembre de 2007, pp. 121-137.
- UNIÓN EUROPEA. Directiva 2009/120/CE de la Comisión de 14 de Septiembre de 2009 que modifica la Directiva 2001/83/CE del Parlamento europeo y del Consejo, por la que se establece el código comunitario sobre medicamentos para uso humano, en lo que se refiere a los medicamentos de terapia avanzada. Diario Oficial de la Unión Europea L 242, 15 de septiembre de 2009, pp. 3-12.
- UNIÓN EUROPEA. Directiva 2003/63/CE de la Comisión, de 25 de junio de 2003, que modifica la Directiva 2001/83/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un código comunitario sobre medicamentos para uso humano. Diario Oficial de la Unión Europea L 159, 27 de junio de 2003, pp. 46-94.
- VAUGHAN K. (2016). Vocational thresholds: developing expertise without certainty in general practice medicine. *J Prim Health Care*, 8(2), 99-105. DOI: 10.1071/HC15027.
- VETTORI G, VEZZANI C, BIGOZZI L & PINTO G. (2018). The Mediating Role of Conceptions of Learning in the Relationship Between Metacognitive Skills/Strategies and Academic Outcomes Among Middle-School Students. *Front Psychol*, 9, 1985. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.01985.
- WOUTERS A, CROISSET G, GALINDO-GARRE F & KUSURKAR RA. (2016). Motivation of medical students: selection by motivation or motivation by selection. *BMC Med Educ*, 16, 37. DOI: 10.1186/s12909-016-0560-1.
- WYLES SP, HAYDEN RE, MEYER FB & TERZIC A. (2019). Regenerative medicine curriculum for next-generation physicians. *NPJ Regen Med*, 4, 3. DOI: 10.1038/s41536-019-0065-8.

ZEEGERS P. (2004). Student learning in higher education: a path analysis of academic achievement in science. *Higher Education Research & Development*, 23(1), 35-56. DOI: 10.1080/0729436032000168487.

“La ciencia siempre vale la pena porque sus descubrimientos, tarde o temprano, siempre se aplican”.
(Severo Ochoa de Albornoz).

8. ANEXOS.

8.1 ANEXO 1.

Cuestionario de Conceptos Umbral en Histología (CUHc) desarrollado por profesores del Departamento de Histología de la Universidad de Granada y validado mediante un análisis factorial exploratorio y confirmatorio. El CUHc ha sido registrado en el Registro Electrónico de Propiedad Intelectual SAFE CREATIVE, con fecha del 5 de noviembre de 2021, con el código 2111059726532.

VARÓN MUJER

Edad _____

¿Cómo accedió a la Universidad?:

Mediante Selectividad - ¿Con qué nota? _____

Otras vías - Especifique cuál (Licenciados, mayores de 25, FP, etc.) _____

CONCEPTOS UMBRALES EN HISTOLOGÍA

Se definen como *conceptos umbrales* aquellos conceptos o conocimientos que para una disciplina reúnen las siguientes características:

1. Que sean **Transformativos**, esto es, que una vez comprendidos, la percepción y la comprensión del estudiante de esa disciplina cambien radicalmente.
2. Que sean **Irreversibles**, esto es, que una vez bien comprendidos, sea improbable que los estudiantes lo olviden.
3. Que sean **Integradores**, esto es, que una vez bien comprendidos, conecten y abran puentes en el seno de la propia disciplina y entre disciplinas.
4. Que sean, generalmente, **Problemáticos** para los estudiantes.
5. Que sean, generalmente, **Delimitadores** para una disciplina.

Evalúe de 1 a 5 su nivel de acuerdo o desacuerdo con el carácter umbral que tienen los conceptos que a continuación se relacionan para el aprendizaje de la Histología:

A- CONCEPTOS GENERALES

1 El concepto de niveles estructurales de organización

(Eslabones estructurales organizados de manera jerárquica desde lo más simple a lo más complejo)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

2 El concepto de aumento en los instrumentos amplificantes

(Potencia amplificante de una lente u otro instrumento óptico que expresa el número de veces que el sistema óptico hace aparecer un objeto más cerca o más grande)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

3 El concepto de poder y de límite de resolución para los diferentes instrumentos amplificantes

(El poder de resolución es la capacidad de todo sistema óptico de percibir detalles)

(El límite de resolución es la menor distancia que debe existir entre dos puntos para que puedan ser percibidos por separado como tales)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

4 El concepto de unidades de medida microscópicas

(Sistema de medidas utilizadas para magnitudes microscópicas)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

5 El concepto de técnica histológica

(Conjunto de pasos que se desarrollan en el laboratorio con el fin de mantener y hacer visible con un instrumento amplificante el tejido muerto)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

6 El concepto de visión espacial de las imágenes microscópicas

(Capacidad de imaginar e identificar espacialmente las imágenes microscópicas: visión bidimensional, tridimensional, etc.)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

7 El concepto de imagen equivalente

(Imagen equivalente es la imagen histológica que reproduce siempre la estructura que existe en la naturaleza)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

8 El concepto de artefacto

(Imagen histológica que no reproduce la estructura existente en la naturaleza debido al proceso de preparación utilizado: artefactos por fijación, tinción, etc.)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

9 El concepto de visión dinámica en las imágenes microscópicas

(La imagen histológica es el retrato de un conjunto de procesos biológicos cuyas características podemos identificar con distintos métodos histológicos: histoquímicos, inmunohistoquímicos, autorradiográficos, etc.)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

10 El concepto de morfología

(Configuración espacial, macroscópica y microscópica, de un organismo vivo o de un material inerte y de las distintas unidades que lo componen)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

11 El concepto de estructura

(Conjunto de elementos y de las relaciones que los unen sin que sea posible caracterizar o definir los elementos con independencia de sus relaciones)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

12 El concepto de estructura microscópica

(Estructura conformada por elementos microscópicos y las relaciones que los unen)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

13 El concepto de orientación del corte en relación con la estructura microscópica

(Capacidad de relacionar la estructura microscópica con el corte: corte transversal, oblicuo, longitudinal)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

14 El concepto de la situación de las estructuras microscópicas

(Conjunto de términos que identifican la situación de una determinada estructura microscópica: apical, basal, proximal, distal, etc.)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

15 El concepto de sistema

(Conjunto organizado de elementos afines por su naturaleza, estructura, finalidad, etc.)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

16 El concepto de la relación forma-estructura- función

(Correlación entre las características morfológicas y estructurales de una entidad microscópica y la actividad funcional de la misma)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

B- CONCEPTOS ESPECÍFICOS

17 El concepto de célula

(Unidad estructural y funcional de los seres vivos)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

18 El concepto de población celular

(Conjunto de células de una misma especie o actividad funcional)

Totalmente en desacuerdo	1	2	3	4	5	totalmente de acuerdo
	<input type="checkbox"/>					

19 El concepto de tejido o población celular asociada

(Nivel de organización supracelular formado por células asociadas por yuxtaposición o sustancias intercelulares destinadas a una actividad funcional específica)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

20 El concepto de población celular dispersa

(Nivel de organización supracelular formado por células dispersas destinadas a una actividad funcional específica)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

21 El concepto de matriz extracelular

(Conjunto de moléculas fibrosas y solubles que ocupa el espacio intercelular existente entre las células que forman un tejido)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

22 El concepto de tejido nativo

(Tejido existente en el organismo humano)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

23 El concepto de tejido artificial

(Tejido construido por ingeniería tisular para su aplicación terapéutica)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

24 El concepto de célula madre como fundamento de la renovación tisular

(La célula madre es una célula indiferenciada, existente en algunos tejidos, con capacidad para autorrenovarse y dar origen a células diferenciadas de uno o varios linajes haciendo posible la renovación de los tejidos)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

25 El concepto de origen histogenético de los tejidos

(Los tejidos se originan a partir de diferenciación progresiva de las tres hojas blastodérmicas del embrión)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

26 El concepto de órgano corporal

(Unidad anatómica corporal, con forma y posición característica, constituida por la asociación de dos o más tejidos que convergen para el desarrollo de una actividad funcional)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

27 El concepto de parénquima

(Tejido específico de un órgano)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

28 El concepto de estroma

(Tejido de soporte de un órgano)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

29 El concepto de cultivo celular, de tejido y de órgano

(Cultivo en laboratorio de células, láminas de tejidos u órganos para realizar estudios cito e histofuncionales o para generar tejidos artificiales)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

30 El concepto de aparato corporal

(Conjunto de órganos que concurren en una determinada función del organismo)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

31 El concepto de sistema corporal

(Unidad estructural y funcional del cuerpo humano formada por un aparto del organismo y por los componentes de otros aparatos que se relacionan funcionalmente con él)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

32 El concepto ontogénico de las estructuras microscópicas

(Evolución de la estructura microscópica desde el óvulo fecundado hasta su forma adulta)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

33 El concepto filogénico o filogenético de las estructuras microscópicas

(Evolución de la estructura microscópica a lo largo de la evolución de la especie)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

34 El concepto de estado eupláxico en las estructuras microscópicas

(Estado ortotípico o estado de salud y sus variaciones dentro del mismo)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

35 El concepto de estado proplásico en las estructuras microscópicas

(Estado de actividad general incrementada: fenómenos de renovación, regeneración y reparación tendentes a la recuperación del estado de salud)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

36 El concepto de estado retroplásico en las estructuras microscópicas

(Estado de actividad general disminuida: fenómenos de degeneración y envejecimiento tendentes a la pérdida del estado de salud)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

37 El concepto de estado lesional en las estructuras microscópicas

(Estado de alteración de las estructuras microscópicas vinculadas a pérdida del estado de salud)

Totalmente	1	2	3	4	5	totalmente
en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	de acuerdo				

