

REVISIÓN

Ciencias Clínicas

Revisión de protocolos de centrifugación de fibrina rica en plaquetas en cirugía oral: Revisión narrativa

María Emilia Ordoñez Carrión¹ | Jennifer Cristina Guamán Andrade¹ | Leonardo Flavio Cabrera Maldonado¹

¹Facultad de Odontología, Universidad de Cuenca, Ecuador

Correspondencia

María Emilia Ordoñez Carrión
mariae.ordonezc@ucuenca.edu.ec
Email:

Introducción: Los concentrados plaquetarios autólogos (CPA) han sido nombrados desde 1954, para estimular la cicatrización y regeneración de tejidos, usado en campos médicos y en odontología. La fibrina rica en plaquetas (PRF) es un biomaterial que se destaca por formar una matriz de fibrina que contiene plaquetas, leucocitos, citocinas y factores de crecimiento. A pesar de estas aparentes ventajas, los constantes avances y modificaciones en los protocolos de obtención han generado varios tipos de PRF, sin concluir hasta la fecha directrices estandarizadas para la elaboración de este biomaterial. **Objetivo:** Describir la evolución de los protocolos de obtención de PRF a lo largo de los años, y revisar la evidencia disponible acerca de la influencia de distintos factores técnicos en las características finales del biomaterial. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión narrativa de estudios publicados entre enero de 2020 y octubre de 2025. La búsqueda se efectuó en PubMed, Scopus, Cochrane, SciELO y Google Scholar, mediante términos MeSH y operadores booleanos. **Resultados:** La evidencia indica que los parámetros de centrifugación modifican la distribución celular, la arquitectura de la matriz de fibrina y la liberación de factores de crecimiento. **Conclusión:** La evolución de los protocolos de PRF han tratado de mejorar sus propiedades biológicas y regenerativas, teniendo como resultado una variabilidad metodológica y que aún no se llegue a generar un protocolo universal estandarizado.

PALABRAS CLAVE

Plasma, Fibrina rica en plaquetas, centrifugación, cirugía oral

1 | INTRODUCCIÓN

El concepto de concentrados plaquetarios autólogos (CPA) se basa en la centrifugación de la propia sangre del paciente para obtener concentraciones suprafisiológicas de plaquetas, leucocitos y otros componentes terapéuticos de la sangre, como fibrinógeno/fibrina, factores de crecimiento, citocinas y células circulantes, con el objetivo de acelerar y promover la cicatrización y regeneración natural de tejidos blandos y duros, razón por la cual, hoy en día, son una estrategia popular en diversos campos médicos, desde la cirugía ortopédica y dermatología, hasta la odontología [1–3].

Sus antecedentes se remontan a 1954, cuando Kingsley utilizó por primera vez el término para asignar concentrados de trombocitos durante experimentos relacionados con la coagulación sanguínea [1].

Desde entonces, los protocolos evolucionaron, iniciando con los CPA de primera generación, documentada por primera vez a finales de 1990, que incluye plasma rico en plaquetas (PRP) y sus derivados [1,4] (Tabla 1).

CUADRO 1 Clasificación de los CPA.

CPA DE PRIMERA GENERACIÓN		CPA DE SEGUNDA GENERACIÓN	
Requieren centrifugación en dos pasos, más el uso de un anti-coagulante y activador		Se genera mediante centrifugación de una sola etapa sin anti-coagulantes	
PRP		PRF	
Suspensiones líquidas de plaquetas que pueden transformarse en un gel de fibrina tras la activación		Forma coágulos sólidos de fibrina gracias a una red tridimensional de fibrina altamente polimerizada	
P-PRP	L-PRP	P-PRF	L-PRF
Sin leucocitos y una red de fibrina de baja densidad	Contiene leucocitos con una red de fibrina de baja densidad	Sin leucocitos y con una red de fibrina de alta densidad	Con leucocitos y una red de fibrina de alta densidad

P-PRP, plasma puro rico en plaquetas; L-PRP, plasma rico en plaquetas y leucocitos; P-PRF, fibrina pura rica en leucocitos; L-PRF, fibrina rica en leucocitos y plaquetas.

Fuente: Calciolari *et al.* [1], Zwitter *et al.* [5], Quirynen *et al.* [3].

Si bien el PRP se ha considerado seguro en la práctica clínica, tiene algunas limitaciones, como la liberación de factores de crecimiento únicamente al momento de aplicación, además de su preparación relativamente compleja, que incluye centrifugación en dos pasos más el uso de anticoagulantes y un activador [1,5].

Estas deficiencias llevaron al desarrollo de una segunda generación de CPA, la fibrina rica en plaquetas (PRF) y sus derivados, siendo la fibrina rica en leucocitos y plaquetas (L-PRF) el de uso más extendido [1,3].

En contraste con las CPA de primera generación, las de segunda generación, introducidas por Choukroun *et al.* en 2001, no requieren el uso de anticoagulantes ni activadores exógenos, lo que implica un solo ciclo de centrifugación para separar las capas sanguíneas, esto ocasiona que la preparación sea más sencilla, menos costosa y elimina los posibles riesgos asociados con el uso de trombina bovina u otros activadores [1, 3]. A diferencia del PRP, tiene una alta concentración de leucocitos, lo que contribuye a las respuestas inmunitarias y antibacterianas, el tamaño de los coágulos es bastante más grande y su matriz tiende a ser más penetrable, atrapando plaquetas, leucocitos, citocinas y células madre circulantes, lo que lleva a una liberación a largo plazo de factores de crecimiento [1,3,5].

El interés por optimizar las propiedades regenerativas del L-PRF llevó al desarrollo de diversas modificaciones en sus protocolos de obtención, entre ellas la fibrina avanzada rica en plaquetas (A-PRF), la fibrina avanzada rica en plaquetas plus (A-PRF+), fibrina rica en

plaquetas preparada con titanio (T-PRF), la fibrina rica en plaquetas inyectable (I-PRF), la fibrina rica en plaquetas de albúmina (Alb-PRF), el suero hiperagudo (HAS) y la fibrina rica en plaquetas horizontal (H-PRF) [3, 4, 6]. Todas estas variantes difieren principalmente en parámetros como la fuerza centrífuga relativa (FCR), las revoluciones por minuto (RPM), el tiempo de centrifugación, la angulación del rotor y el material de los tubos, factores que modifican las características finales del biomaterial.

A pesar de las crecientes investigaciones sobre el L-PRF, persiste una importante variabilidad entre los protocolos de obtención descritos en la literatura, lo que dificulta la comparación de resultados entre estudios y la decisión de los clínicos sobre qué protocolo se adapta mejor a sus necesidades. En este contexto, resulta pertinente reunir y sintetizar la información disponible sobre la evolución de estos protocolos y los principales factores técnicos que intervienen en su obtención.

Por ello, esta revisión narrativa tiene por objetivo describir la evolución de los protocolos de obtención de PRF a lo largo de los años, y revisar la evidencia disponible acerca de la influencia de la fuerza centrífuga relativa (FCR), las revoluciones por minuto (RPM), el tiempo de centrifugado, la angulación del rotor y material de los tubos en las características finales del biomaterial.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de esta revisión narrativa de la literatura, se llevó a cabo una búsqueda en bases de datos electrónicas Scopus, PubMed, Google Scholar, Scielo y Cochrane, incluyendo estudios publicados entre enero de 2020 hasta octubre de 2025. Se utilizaron las palabras clave “Plasma” [MeSH], “Platelet-Rich Fibrin” [MeSH], “Centrifugation” [MeSH], “Surgery, Oral” [MeSH] y los operadores booleanos AND.

Los criterios de inclusión se determinaron siguiendo el esquema PICO: Estudios en humanos y revisiones sobre PRF/L-PRF (P), que describieran protocolos o variables técnicas de obtención del biomaterial (I), que compararen parámetros de obtención cuando esta información estaba disponible (C), y aquellos que reporten las características finales del biomaterial y su aplicación clínica (O).

Se incluyeron revisiones narrativas, sistemáticas, metaanálisis, reportes de casos y ensayos publicados en los últimos 5 años, en inglés y/o español, cuyos estudios sean realizados en humanos; se excluyeron libros, cartas al editor y estudios en animales en otro idioma diferente al inglés y español.

La inclusión de estudios heterogéneos responde a la necesidad del diseño de esta revisión de integrar la mayor cantidad de evidencia disponible sobre el L-PRF. Asimismo, Google Scholar se utilizó como fuente complementaria, buscando asegurar la recuperación de estudios relevantes no indexados en otras bases. Su uso se controló mediante los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos para asegurar su pertinencia.

Los artículos se almacenaron en el gestor de referencias “Zotero”, con el cual, se eliminaron estudios duplicados. Finalmente, se revisó el título y resumen para seleccionar los trabajos relevantes para la revisión. Para garantizar transparencia en el proceso de búsqueda y selección de estudios, se utilizó el flujograma PRISMA.

3 | RESULTADOS

El proceso de selección se resume en la Figura 1. La búsqueda inicial mostró un total de 197 publicaciones (PubMed = 7; Scopus = 34; Cochrane = 28; Scielo = 18; Google Académico = 97; Búsqueda manual = 13). Un total de 157 cumplieron los criterios de inclusión. Tras eliminar duplicados, 129 estudios se sometieron al cribado, donde 45 no se conservaron según los criterios de exclusión y 34 no se recuperaron al no ser de libre acceso a texto completo, dejando un total de 50 artículos para revisión de título y lectura del resumen. Finalmente, 26 trabajos fueron seleccionados como relevantes para la realización de esta revisión (Figura 1).

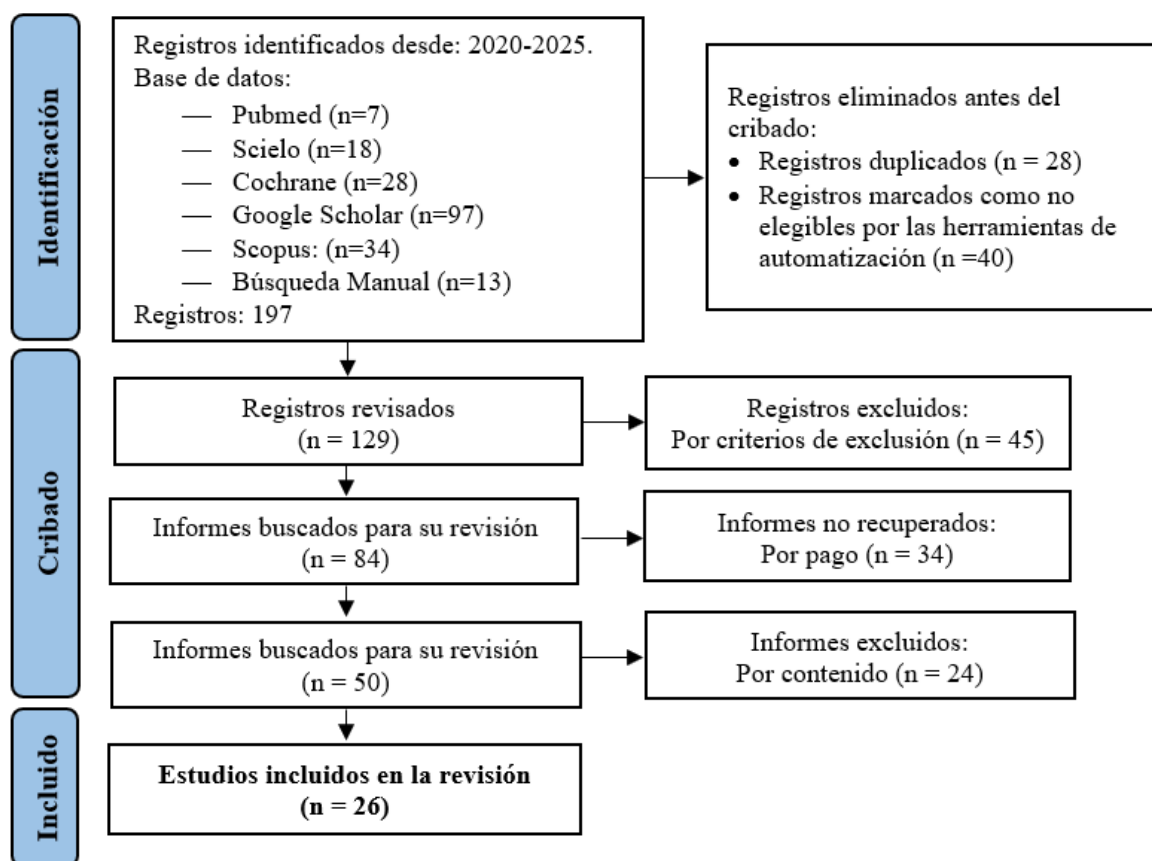


FIGURA 1 Registro de selección de estudios mediante flujograma PRISMA

En la lectura de los trabajos, se buscó información acerca de los protocolos de obtención de PRF a lo largo de los años (Tabla 2).

Nota: P-PRF, Fibrina pura rica en plaquetas; L-PRF, Fibrina rica en leucocitos y plaquetas; A-PRF, Fibrina avanzada rica en plaquetas; A-PRF+, Fibrina avanzada rica en plaquetas plus; I-PRF, Fibrina rica en plaquetas inyectable; T-PRF, Fibrina rica en plaquetas preparada con titanio; H-PRF, Fibrina rica en plaquetas horizontal; Alb-PRF, Fibrina rica en plaquetas de albúmina; C-PRF, Fibrina rica en plaquetas concentrada. La información faltante no fue especificada por los autores de los trabajos.

Fuente: Agrawal 2017 [7], Bains 2023 [6].

En relación a los principios básicos, los estudios mostraron los siguientes factores que influirían en el biomaterial final:

3.1 | Equipo de centrifugación

La máquina centrífuga separa la sangre en tres fases: la primera fase de plasma acelular, la segunda fase de coágulo de L-PRF compuesta por leucocitos y plaquetas, y la tercera fase que sería de eritrocitos [8, 9].

Estas varían según el fabricante en protocolos, valores de Fuerza Centrífuga Relativa (FCR), la angulación tubo-rotor y la velocidad determinada a la que giran los tubos, medida en revoluciones por minuto (RPM), todos factores de los cuales dependerá las propiedades de coágulo de PRF final [6].

CUADRO 2 Evolución histórica de los protocolos para obtención de PRF.

Año	Autor	Protocolo	Equipo utilizado	Nomenclatura
1954	Kingsley	—	—	Utilizó por primera vez el término para asignar concentrados de trombocitos durante experimentos relacionados con la coagulación sanguínea.
1970	Matras	Se fabricaba polimerizando fibrinógeno con trombina y calcio.	—	"Pegamento de fibrina"
1978	Rosenthal	—	—	Mezcla de plaquetas- fibrinógeno- trombina para sellar heridas corneales
1986	Knighton	—	—	Factores de cicatrización de heridas derivados de plaquetas (PDWHF). Manejo para úlceras cutáneas
1997	Whitman	—	—	"Gel de plaquetas"
1999	Vivistat PRF, Dinamarca Endoret, España	Casas comerciales	Alleroed	Producto PRP
2001	Choukroun <i>et al.</i>	3000 rpm (750 g) durante 10 min	—	PRF de Choukroun
2006	Choukroun <i>et al.</i>	3000 rpm (750 g) durante 12 min	Fibrinet	P-PRF
2006	Dohan Ehrenfeys <i>et al.</i>	2700 rpm (400 g) durante 12 min	Método de acceso abierto, IntraSpin, Inte-Lock International, Florida	L-PRF Clasificación
2008	Everts	—	—	Plasma rico en plaquetas y leucocitos. Componente activado por gel de plaquetas y leucocitos
2009	Dohan	—	—	—
2010	—	—	—	Hueso pegajoso o <i>Sticky bone</i>
2012	Mishra <i>et al.</i>	—	—	Clasificación limitada al PRP y aplicable a medicina deportiva.
2012	Tunali <i>et al.</i>	2800 rpm durante 12 min	—	T-PRF
2014	Ghanaati <i>et al.</i> Choukroun	1500 rpm durante 2 min	—	A-PRF
2015	Mourao <i>et al.</i>	3300 rpm durante 2 min Centrifugación horizontal 200 g × 8 min	Duo Process, Francia	I-PRF
2015	Kawase <i>et al.</i>	700 g durante 8 min, Compresión térmica de PRF	Medifuge, Italia	Alb-PRF
2017	Fujioka	1300 rpm (200 g) durante 14 min	Centrífuga Duo, Francia	A-PRF
2017	Kobayashi	1300 rpm (200 g) durante 8 min	Centrífuga Duo, Francia	A-PRF+
2018	Simon	1710 g durante 5 min	Uso de pinzas planas, se extrae suero del coágulo de fibrina	HAS
2019	Miron Fujioka	2200 rpm, máximo 700 RFC durante 8 min en centrífuga horizontal	—	H-PRF
2020	Miron	2700 rpm durante 10 min con un método de recolección particular	—	C-PRF
2021	Fujioka	700 g durante 8 min seguido de 10 min de enfriamiento del PRF	Centrífuga Eppendorf 5702, Alemania	Alb-PRF
2022	Zheng	700 g durante 8 min	Bio-PRF, Venecia	H-PRF
2023	Bains	3000 rpm durante 18 min	REMI-R303	PRF en pacientes con diabetes no controlada

Nota: P-PRF, Fibrina pura rica en plaquetas; L-PRF, Fibrina rica en leucocitos y plaquetas; A-PRF, Fibrina avanzada rica en plaquetas; A-PRF+, Fibrina avanzada rica en plaquetas plus; I-PRF, Fibrina rica en plaquetas inyectable; T-PRF, Fibrina rica en plaquetas preparada con titanio; H-PRF, Fibrina rica en plaquetas horizontal; Alb-PRF, Fibrina rica en plaquetas de albúmina; C-PRF, Fibrina rica en plaquetas concentrada. La información faltante no fue especificada por los autores de los trabajos.

Fuente: Agrawal 2017 [7], Bains 2023 [6].

3.2 | Revoluciones por minuto (RPM)

Las revoluciones por minuto determinan la velocidad de centrifugación y sus valores son específicos de la máquina [10].

Estudios observaron que, al utilizar centrifugación a baja velocidad, las células se distribuyen homogéneamente dentro de la matriz de PRF, independientemente del tipo de tubo, mientras que, al aumentar la velocidad de centrifugación (y, por tanto, la FCR) las plaquetas se distribuyeron principalmente en una región superficial del coágulo en el tubo de vidrio, en comparación con una distribución más difusa en los tubos recubiertos de sílice [11].

Por lo tanto, al reducir la velocidad de centrifugación y la FCR, como en la A-PRF, se puede atrapar un mayor número de leucocitos dentro del coágulo de PRF y, por consiguiente, se puede observar una mayor liberación de factores de crecimiento [7].

3.3 | Tiempo de centrifugado

El tiempo de centrifugación determina la distancia que recorren las células dentro del tubo de recolección [12].

Teóricamente, un menor tiempo de centrifugación generaría un menor efecto de desprendimiento celular por la FCR, lo que aumentaría el número total de células atrapadas dentro del coágulo de L-PRF, mientras que a más tiempo, una mayor cantidad de componentes sanguíneos se depositarán en el fondo del tubo y daría lugar a un coágulo de mayor tamaño, pero con menor número de células y factores de crecimiento [6, 12, 13].

Para Herrera, los protocolos de A-PRF y A-PRF+ son un ejemplo de este principio, ya que tienen las mismas RPM y FCR, utilizando un rotor de 11 cm de radio con un ángulo fijo, pero reduciendo el tiempo, lo que provoca que una mayor concentración de glóbulos blancos permanezca más alta en el coágulo de PRF [12].

Este comportamiento natural se denomina concepto de centrifugación a baja velocidad (LSCC) [12, 13].

3.4 | Fuerzas centrífugas relativas (FCR o fuerza G)

La fuerza centrífuga relativa se refiere a la cantidad de fuerza radial generada por el rotor giratorio que se expresa en relación con la fuerza gravitacional terrestre. Depende de la velocidad de centrifugación, que en las centrífugas disponibles en el mercado siempre es expresada en RPM, y del radio del rotor de la centrífuga (R) [6, 14].

Se puede calcular mediante la fórmula:

Donde R es el radio del rotor de la centrífuga expresada en centímetros [10].

Duplicar las RPM aumenta la FCR por cuatro, y un aumento del radio del rotor resulta en un aumento exponencial de sus valores. Sin embargo, a más de estos dos factores, la FCR también dependerá de la angulación del rotor. Por ejemplo, en un rotor de ángulo fijo, el promedio de FCR se puede deducir de: la FCR mínima (FCRmin), calculada como la distancia desde el centro del eje de rotación hasta la parte superior interna del tubo; la FCR del coágulo (FCRClot), calculada como la distancia desde el centro del eje de rotación hasta la mitad del coágulo de fibrina (o la mitad del tubo); y el valor máximo de la FCR (FCRmax) calculada como la distancia desde el centro del eje de rotación hasta el extremo del tubo [6].

3.5 | Angulación de centrifugación

La mayoría de laboratorios científicos, así como centrífugas médicas, utilizan rotores horizontales por su mayor capacidad para separar las capas en función de la densidad, sin embargo, durante años la producción de PRF se ha realizado con centrífugas de ángulo fijo [11].

Según estudios, el principal avance en la última década ha sido el aumento de las concentraciones finales de células en el PRF gracias. La mayoría de los hallazgos provinieron de estudios experimentales y revisiones teóricas, la evidencia clínica directa fue más limitada.

al uso de la centrifugación horizontal, ya que su eje de rotación más largo minimizaría la tensión de cizallamiento en las células y permite una separación más eficaz en función de la densidad celular [10].

Acorde a Miron *et al.* diversas investigaciones han demostrado que la PRF generada con centrifugación horizontal contiene hasta cuatro veces más células que la obtenida con dispositivos de ángulo fijo (utilizados para producir L-PRF y A-PRF), debido a la ventaja mecánica de la centrifugación horizontal, donde los tubos giran hasta una posición horizontal de 90° durante la rotación, mientras que las centrífugas de ángulo fijo mantienen los tubos con una inclinación de aproximadamente 45° [2, 10].

Esta posición angulada de los sistemas de ángulo fijo, genera una distribución desigual de la fuerza, empujando las células hacia las paredes exteriores del tubo y provocando una estratificación no uniforme y una separación celular inconsistente, reduciendo la viabilidad celular y alterando la integridad de la matriz de PRF [15].

3.6 | Material del tubo

Estudios de Miron *et al.* revelaron que los tubos de centrifugación son fundamentales para la producción de PRF de calidad [16]:

- **Tubos de vidrio:** Según los protocolos iniciales recomendados, se obtiene un mejor PRF en tubos de vidrio secos y sin antiagregantes, donde la distribución plaquetaria en el coágulo obtenido dependería de la velocidad [6].
- **Tubos plásticos recubiertos de sílice:** Tsujino *et al.* muestran que estos tubos sueltan su recubrimiento de sílice en las membranas de PRF, incrustando partículas de sílice en niveles bastante significativos dentro de los coágulos, entre un 5-30% [16]. Masuki *et al.* investigaron el efecto de estas micropartículas e informaron que estas se absorben en la superficie celular con una afinidad notoriamente alta y provocan la apoptosis de células periósticas humanas primarias derivadas de las células óseas alveolares, lo que causa una disminución sustancial en la viabilidad y proliferación celular. Además, recientemente se informó que las nanopartículas de sílice inducen citotoxicidad y respuestas inflamatorias en células epiteliales y endoteliales pulmonares y en células del hipocampo mediante la generación de especies reactivas de oxígeno [6].
- **Tubos de vidrio recubiertos de silicona:** En protocolos de A-PRF, la adición química de silicona a tubos de vidrio ha demostrado ser perjudicial y resultó en una reducción del doble del tamaño del coágulo en comparación con los tubos de vidrio estándar, junto con la producción de un residuo con forma de coágulo [6].
- **Tubos de titanio:** Según Krings-Arratia *et al.* su uso se basa en la hipótesis de que pueden ser más efectivos en la activación plaquetaria que los tubos de vidrio utilizados en el método de Choukroun [4]. Su uso también buscó mitigar los efectos adversos asociados con el uso de tubos de plástico recubiertos de sílice [17].
Existe otra consideración, Bains *et al.* observaron que debido a la liberación de micropartículas de sílice, se generaba un inicio ubicuo de la coagulación y la activación plaquetaria, lo que resultó en una distribución relativamente amplia de plaquetas en la matriz de PRF, independientemente de la velocidad de centrifugación, un contraste con la distribución plaquetaria en el PRF obtenido en tubos de vidrio, donde la distribución plaquetaria depende de la velocidad [6].
- **Tubos de tapa roja:** Generalmente hechos de vidrio, tienen una superficie hidrófila, lo que mejora la eficiencia de coagulación y por consiguiente la producción de PRF sólido [10].
- **Tubos tapa azul:** Generalmente hechos de plástico PET, tienen una superficie hidrófoba, están mejor optimizados para la producción de PRF líquido [10].

4 | DISCUSIÓN

A principios de los 2000, la investigación sobre los CPA se centró principalmente en la eliminación de anticoagulantes en la preparación de PRP para mejorar la coagulación natural, lo que condujo al desarrollo del PRF, un concentrado de segunda generación donde la eliminación de anticoagulantes resultó en la formación de una malla de fibrina tras la centrifugación, con factores de crecimiento que pueden ejercer sus efectos días o semanas después de la cirugía [10, 18].

Cabe mencionar que autores como Anegundi *et al.*, Shirkhate y Bajan, clasifican a las variaciones del PRF en una tercera generación de CPA, incluso clasifican al PRF líquido en una cuarta generación, sin embargo, al ser pocos autores los que realizan esta clasificación, nuestro artículo considera a estas modificaciones como de segunda generación [19, 20].

Inicialmente, la mayoría de los protocolos de centrifugación operaban a valores más altos de RPM/FCR, típicamente entre 2500-3000 RPM durante 10-12 minutos, sin embargo, con el tiempo se hizo evidente que estas fuerzas superiores empujaban la mayoría de plaquetas y leucocitos hacia la capa de eritrocitos en el fondo de los tubos de PRF, excluyéndolos de la membrana de PRF final [10].

Para superar esta limitación, se introdujo el concepto de centrifugación de baja velocidad, demostrando que reducir tanto la velocidad como la duración de la centrifugación conducía a una mayor concentración de plaquetas y leucocitos en las capas superiores del biomaterial [12]. Esta optimización condujo a una liberación prolongada y mejorada de factores de crecimiento, mejorando significativamente el potencial regenerativo de PRF con el tiempo y así creando nuevos derivados con variaciones en sus protocolos de obtención (Ver Tabla 2).

Según se puede evidenciar en los estudios revisados, parámetros como la FCR, el ángulo del rotor y la duración de la centrifugación impactan directamente en la distribución celular, la concentración del factor de crecimiento, la estructura de la fibrina y el estrés mecánico ejercido sobre las células durante la formación del biomaterial, generando diferencias sustanciales en la calidad del PRF, lo que podría afectar su potencial regenerativo durante las aplicaciones clínicas [6].

Las RPM determinan la velocidad de rotación de la solución, y sus valores serían específicos de la máquina, generando una falta de estandarización de las velocidades de centrifugación [10, 14].

Según los estudios, velocidades de centrifugación más bajas, de 200-400 G, durante 5 min, dan como resultado un PRF más líquido con una alta concentración de plaquetas y leucocitos, y consecuentemente con una mayor producción de factores de crecimiento, mientras que, una velocidad de procesamiento entre 400-700 G durante 8 a 12 min, formaría un PRF con mayor contenido de fibrina, pudiendo estar indicado para procedimientos quirúrgicos, extracciones dentales e implantes [14].

El tiempo de centrifugación, para Herrera estaría fuertemente relacionado con la FCR, ya que cuando modificamos el tiempo de procesamiento, también modificamos el tiempo de influencia de la FCR sobre los componentes sanguíneos, observando así que, un FCR más bajo reduce la velocidad de sedimentación y podría resultar en un coágulo de PRF más pequeño y una fracción reducida de PRF inyectable, además, produce coágulos con plaquetas distribuidas uniformemente y una mayor concentración de factores de crecimiento [12].

Esto apoyaría la propuesta de Dalosto *et al.* de preferir una única centrifugación sobre la doble centrifugación, ya que, sumado al menor tiempo expuesto anteriormente, también presentaría menos suero y una estructura de red más compacta y consistente, también desaconsejan la doble centrifugación ya que el cambio de tubos puede aumentar el riesgo de contaminación iatrogénica de la muestra [14].

La angulación de la centrifugación, ya sea de ángulo fijo u horizontal, también es particularmente importante, ya que puede afectar las características biológicas y la distribución de componentes celulares dentro de la matriz de fibrina [15].

Aunque el sistema de ángulo fijo es el que más está disponible comercialmente para la producción de PRF, la principal desventaja de este sistema es que, durante los ciclos de centrifugación, las células serían impulsadas a lo largo de la pared posterior de los tubos a altas fuerzas de fricción, dificultando su adecuada separación [2, 15].

Esto ocasiona que las células viajen hacia arriba o hacia abajo dependiendo de sus respectivas densidades celulares: las plaquetas, al ser más ligeras, viajan hacia la parte superior del tubo donde se recolecta el PRF, mientras que los glóbulos rojos al ser más grandes y

pesados, viajan hacia abajo, quedando atrapados entre ellos células más pequeñas como los leucocitos y plaquetas, impidiéndoles alcanzar las capas superiores. Esto disminuye de manera significativa su disponibilidad y concentración en la matriz de PRF [2, 10]. Con angulación horizontal, trabajos como el de Fujioka *et al.* observaron que tras la centrifugación, las células se distribuyeron de forma más uniforme cuando se utilizaron protocolos de H-PRF, concordando con trabajos previos donde se demuestra que la centrifugación horizontal acumula hasta cuatro veces más células (especialmente leucocitos) en las capas plasmáticas en comparación con la centrifugación de ángulo fijo [11].

Esto también se confirma con el estudio de Feng *et al.*, donde el análisis de citometría de flujo proporcionó datos que confirmaron que el número total de células inmunes aumentó casi diez veces en H-PRF en comparación con L-PRF [21].

A su vez, investigaciones han revelado que el H-PRF es la barrera bacteriana a largo plazo más eficaz y el factor de crecimiento epidérmico más favorable; estos hallazgos sugieren que, en el futuro, el uso de membranas de H-PRF en cirugía y regeneración ósea guiada podría reducir las infecciones posoperatorias y acelerar los procesos de cicatrización [17].

No obstante, Fujioka-Kobayashi *et al.* creen que se necesitan más estudios que evalúen los beneficios de la centrifugación horizontal ya aplicado en los diversos procedimientos clínicos, ya que la mayoría de los trabajos disponibles en la literatura se centran en la parte experimental [11].

La evidencia disponible sugiere que A-PRF (y su alteración más reciente, A-PRF+) puede liberar citocinas hasta por 10 días [14].

Estudios de Chmielewski *et al.* exponen que el A-PRF+ contiene una mayor concentración de factores de crecimiento y citocinas en comparación con A-PRF, debido a su centrifugación por menor tiempo y a la baja velocidad, lo que da como resultado una distribución más homogénea de las células, además de una mayor liberación de factores de crecimiento, mejorando sus propiedades angiogénicas y la regeneración tisular durante la cicatrización [17, 22]. Asimismo, su mayor densidad aumenta la estabilidad y la retención en la herida en comparación con A-PRF [14].

Los parámetros mecánicos evaluados en los estudios de Simões-Pedro *et al.* permitieron afirmar una resistencia a la tracción significativamente mayor en las membranas producidas con el protocolo A-PRF+, lo que convierte a este tipo de membrana en la más adecuada para su sutura y manipulación, de igual manera, el A-PRF+ mostró una morfología superficial interesante que equilibró la proporción de porosidad con la disposición y el número de fibras, lo que podría contribuir más a la resiliencia de la membrana comparado con L-PRF y A-PRF [23].

La modificación de las superficies de los tubos para mejorar la formación del coágulo se ha investigado ampliamente, lo que demuestra cómo la elección del tubo para centrifugación puede alterar significativamente las propiedades finales del PRF [8].

Una de las modificaciones del PRF se basa en este hecho, el T-PRF, un concentrado que se prepara usando tubos de titanio [4]. Según Song *et al.* las plaquetas pueden activarse de forma más eficaz a través de tubos de titanio que a través de la activación con sílice, lo que da como resultado una red de fibrina y una estructura celular más densas que el L-PRF, lo que sugiere que el PRF preparado con titanio ofrece ventajas sobre el PRF preparado a partir de tubos de plástico recubiertos de sílice (Tabla 3) [17].

El PRF inyectable o I-PRF es el resultante de un FCR más bajo, donde la velocidad de sedimentación reducida aumenta selectivamente la acumulación de leucocitos, plaquetas y factores de crecimiento dentro del PRF, mejorando su potencial regenerativo [12]. Miron *et al.* en 2025, estudiaron la eficacia del I-PRF, y observaron que el I-PRF se favoreció en el 72% de los estudios en múltiples disciplinas, como inyecciones articulares en rodillas, hombros y la articulación temporomandibular [10].

Además, el I-PRF se asoció consistentemente con una liberación prolongada y sostenida de factores de crecimiento, lo que contribuyó a una mejor cicatrización de heridas en la mayoría de los estudios.

No obstante, aunque los estudios revisados evidencian estos resultados sobre la influencia de los distintos parámetros en las características finales del PRF, la mayoría se trata de trabajos experimentales, enfocados en el análisis histológico del biomaterial y en el apartado técnico de su procesamiento, por lo tanto, la extrapolación de los hallazgos al contexto clínico debe realizarse con cautela, reconociendo que la validación en estudios clínicos controlados sigue siendo limitada.

Para finalizar, este trabajo presenta algunas limitaciones que es importante señalar para contextualizar la interpretación de los resultados. En primer lugar, se excluyeron artículos cuyo acceso estaba restringido por requerimiento de pago, debido a que no contamos con el

CUADRO 3 Modificaciones de PRF.

Modificación	Especificidades	Aplicaciones	Forma
L-PRF	Más fácil de preparar que el PRP, no es necesario anticoagulante	■ Elevación del suelo del seno maxilar ■ Cicatrización de los alvéolos de extracción ■ Mejora la cicatrización	Coágulo y membrana en forma sólida
A-PRF	Menor velocidad de rotación que L-PRF, pero contiene más factores de crecimiento y más plaquetas	■ Medicina y odontología regenerativa post-extracción ■ Regeneración de tejidos blandos y óseos	Coágulo y membrana en forma sólida
A-PRF+	Tiempo de centrifugación más corto que el de A-PRF y hay más factores de crecimiento que en A-PRF	■ Regeneración de tejidos gingivales ■ Da una mayor estabilidad de la dimensión de la cresta ósea tras la extracción ■ Combinado con xenoinjertos o aloplásticos, mejora la estabilidad del implante	Coágulo y membrana en forma sólida
I-PRF	Tiempo de preparación corto, induce mayores niveles de migración celular y expresión de factores de crecimiento	Recuperación de tejidos blandos, pulpar y periodontal, mejora el fenotipo gingival y mejora la velocidad del movimiento dental ortodóntico	Forma líquida, naturaleza inyectable
T-PRF	Titanio induce activación plaquetaria, estructura de fibrina más densa y un tiempo de liberación más prolongado del factor de crecimiento que el L-PRF.	■ Tratamiento de periodontitis y periimplantitis ■ Generación ósea en casos de diagnóstico reservado	Coágulo y membrana en forma sólida
H-PRF	Número de células inmunes puede aumentar cuatro veces más, y una distribución más uniforme de estas células en el coágulo PRF	Regeneración de tejidos duros y blandos	Membrana forma sólida, gelatinosa, forma líquida
Alb-PRF	Basado en la desnaturalización de proteínas en la porción de plasma pobre en plaquetas, crea un biomaterial completamente autólogo y bioactivo con muy buena estabilidad estructural	■ Regeneración de tejidos duros y blandos ■ Cirugía periodontal como relleno de membranas	Membrana forma sólida, gelatinosa, forma líquida
C-PRF	Tres veces más liberación de factores de crecimiento que I-PRF	Preservación de la cresta del implante dental	Forma líquida

Fuente: Song et al. [17], Liu et al. [24], Erdur et al. [25], Krings-Arratia et al. [4], Agrawal [7], Lourenço et al. [26].

financiamiento institucional para cubrir dichos costos, limitando la amplitud de la evidencia considerada. Por otra parte, al ser una revisión narrativa, no se aplicaron protocolos formales de evaluación de la calidad metodológica o del riesgo de sesgo de los estudios incluidos. En cuanto a la bibliografía, se observó un desequilibrio en los niveles de evidencia, ya que la mayoría corresponde a revisiones narrativas y estudios experimentales, mientras que la evidencia clínica directa fue limitada, reflejando la disponibilidad actual de la literatura sobre PRF y restringiendo la aplicabilidad directa de los hallazgos de este estudio en un contexto clínico real. Finalmente, la mayoría de los trabajos son de autoría de grupos de investigación específicos, pudiendo generar sesgos de selección, sin embargo, se trataron de incluir trabajos con resultados divergentes cuando los mismos estuvieron disponibles para aportar una visión más amplia y crítica del tema a tratar.

5 | CONCLUSIÓN

La evolución de los protocolos de PRF además de disminuir el tiempo y costo de producción, también ha buscado mejorar las propiedades biológicas y regenerativas del biomaterial, llevando al desarrollo de distintas variantes de los protocolos de obtención, cuyas modificaciones de los parámetros técnicos, como la FCR, las RPM, el tiempo de centrifugado, la angulación del rotor y el material de los tubos, influyen enormemente en las concentraciones celulares y moleculares del PRF. Esta diversidad ha hecho que la estandarización de protocolos siga siendo motivo de discusión entre los autores, exponiendo la necesidad de que futuras investigaciones centren sus esfuerzos en generar un protocolo universal que ayude a los clínicos a facilitar la obtención de PRF, así como de sus distintas modificaciones, cuyo uso clínico dependerá del caso a aplicarse.

6 | CONFLICTOS DE INTERÉS

Sin conflictos de intereses.

Referencias

- [1] Calciolari E, Dourou M, Akcali A, Donos N. Differences between first- and second-generation autologous platelet concentrates. *Periodontol 2000* 2025;97(1):52–73.
- [2] Miron RJ, Fujioka-Kobayashi M, Sculean A, Zhang Y. Optimization of platelet-rich fibrin. *Periodontology 2000* 2024;94(1):79–91.
- [3] Quirynen M, Sculean A, Blanco J, Wang H, Donos N. Introduction and overview on Autogenous Platelet Concentrates. *Periodontol 2000* 2025;97(1):7–15.
- [4] Krings-Arratia J, Salgado-Chavarría F, Alonso-Moctezuma A, Esquivel-Chirino C. Conceptos actuales de los concentrados plaquetarios y su aplicación en la preservación alveolar ósea postextracción. *Revista Mexicana de Cirugía Bucal y Maxilofacial* 2025;21(1):18–31.
- [5] Zwitter K, Mukaddam K, Végh D, Herber V, Jakse N, Schlenke P, et al. Platelet-Rich Fibrin in Oral Surgery and Implantology: A Narrative Review. *Transfusion Medicine and Hemotherapy* 2023;50(4):348–359.
- [6] Bains VK, Mahendra J, Mittal M, Bedi M, Mahendra L. Technical considerations in obtaining platelet rich fibrin for clinical and periodontal research. *J Oral Biol Craniofac Res* 2023;13(6):714–719.
- [7] Agrawal AA. Evolution, current status and advances in application of platelet concentrate in periodontics and implantology. *World J Clin Cases* 2017;5(5):159–171.
- [8] Schleinstein CPE, de Freitas AC, da Silva VP, de S Cerqueira N, Cangussu MCT, Ramalho LMP. CHARACTERIZATION OF PHYSICAL AND CELLULAR PROPERTIES OF MEMBRANES OF L-PRF PRODUCED BY DIFFERENT CENTRIFUGES/ CENTRIFUGATION PROTOCOLS. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences* 2024;6(1):1773–1790.

- [9] Castro AB, Andrade C, Li X, Pinto N, Teughels W, Quirynen M. Impact of g force and timing on the characteristics of platelet-rich fibrin matrices. *Sci Rep* 2021;11:6038.
- [10] Miron RJ, Estrin NE, Ahmad P, Farshidfar N, Fujioka-Kobayashi M, Zhang Y, et al. Thirty Years of Autologous Platelet Concentrates: From Platelet-Rich Plasma to Platelet-Rich Fibrin. *Journal of Periodontal Research* 2025;.
- [11] Fujioka-Kobayashi M, Kono M, Katagiri H, Schaller B, Zhang Y, Sculean A, et al. Histological comparison of Platelet rich fibrin clots prepared by fixed-angle versus horizontal centrifugation. *Platelets* 2021;32(3):413–419.
- [12] Herrera-Vizcaino C. Systematic review of platelet-rich fibrin (PRF) centrifugation protocols in oral and maxillofacial surgery and the introduction of AR2T3: an easy to remember acronym to correctly report vertical and horizontal PRF centrifugation. *Frontiers of Oral and Maxillofacial Medicine* 2023;5(0).
- [13] Blanco J, García A, Hermida-Nogueira L, Castro AB. How to explain the beneficial effects of leukocyte- and platelet-rich fibrin. *Periodontol* 2000 2025;97(1):74–94.
- [14] Dallosto JZ, Souza MA, do Prado LDD, de O Siqueira L. Analysis of different platelet-rich fibrin processing. *Revista de Odontologia da UNESP* 2022;51.
- [15] Farshidfar N, Apaza Alccayhuaman KA, Estrin NE, Ahmad P, Sculean A, Zhang Y, et al. Advantages of horizontal centrifugation of platelet-rich fibrin in regenerative medicine and dentistry. *Periodontology* 2000 2025;.
- [16] Miron RJ, Kawase T, Dham A, Zhang Y, Fujioka-Kobayashi M, Sculean A. A technical note on contamination from PRF tubes containing silica and silicone. *BMC Oral Health* 2021;21:135.
- [17] Song P, He D, Ren S, Fan L, Sun J. Platelet-rich fibrin in dentistry. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials* 2024;22:22808000241299588.
- [18] Fan Y, Perez K, Dym H. Clinical Uses of Platelet-Rich Fibrin in Oral and Maxillofacial Surgery. *Dental Clinics of North America* 2020;64(2):291–303.
- [19] Shirbhate U, Bajaj P. Third-Generation Platelet Concentrates in Periodontal Regeneration: Gaining Ground in the Field of Regeneration. *Cureus* 2022;14(8):e28072.
- [20] Anegundi RV, Shenoy SB, Kaukab SF, Talwar A. Platelet concentrates in periodontics: review of in vitro studies and systematic reviews. *J Oral Med Oral Surg* 2022;28(4):42.
- [21] Feng M, Wang Y, Zhang P, Zhao Q, Yu S, Shen K, et al. Antibacterial effects of platelet-rich fibrin produced by horizontal centrifugation. *Int J Oral Sci* 2020;12(1):32.
- [22] Chmielewski M, Pilloni A, Adamska P. Advanced Platelet-Rich Fibrin Plus (A-PRF+) as an Additive to Hard Tissue Managing Protocols in Oral Surgery: A Systematic Review. *Journal of Functional Biomaterials* 2025;16(4).
- [23] Simões-Pedro M, Tróia PMBPS, Dos Santos NBM, Completo AMG, Castilho RM, De Oliveira Fernandes GV. Tensile Strength Essay Comparing Three Different Platelet-Rich Fibrin Membranes (L-PRF, A-PRF, and A-PRF+): A Mechanical and Structural In Vitro Evaluation. *Polymers* 2022;14(7):1392.
- [24] Liu M, Liu Y, Luo F. The role and mechanism of platelet-rich fibrin in alveolar bone regeneration. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2023;168:115795.
- [25] Erdur EA, Karakaslı K, Oncu E, Ozturk B, Hakkı S. Effect of injectable platelet-rich fibrin (i-PRF) on the rate of tooth movement: The Angle Orthodontist. *The Angle Orthodontist* 2021;91(3):285–292.
- [26] Lourenço ES, Rocha NRS, De Lima Barbosa R, Mello-Machado RC, De Souza Lima VH, Leite PEC, et al. Investigating the Biological Efficacy of Albumin-Enriched Platelet-Rich Fibrin (Alb-PRF): A Study on Cytokine Dynamics and Osteoblast Behavior. *IJMS* 2024;25(21):11531.