

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingeniera de Sistemas**

**TEMA:
DIGITALIZACIÓN DE MUESTRAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE
CITOLOGÍA EN LATINOAMÉRICA: UN MAPEO SISTEMÁTICO**

**AUTOR:
ERIKA LORENA PALTAS QUIMIS**

**TUTORA:
PAULINA ADRIANA MORILLO ALCÍVAR**

Quito, agosto de 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Erika Lorena Paltas Quimis, con documento de identificación N° 1722174370, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “DIGITALIZACIÓN DE MUESTRAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE CITOLOGÍA EN LATINOAMÉRICA: UN MAPEO SISTEMÁTICO”, mismo que ha sido desarrollado para optar el título de: INGENIERA DE SISTEMAS, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
ERIKA LORENA
PALTAS QUIMIS
CI: 1722174370

Quito, agosto de 2020

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DE LA TUTORA

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo académico, con el tema: “DIGITALIZACIÓN DE MUESTRAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE CITOLOGÍA EN LATINOAMÉRICA: UN MAPEO SISTEMÁTICO”, realizado por Erika Lorena Paltas Quimis, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, agosto de 2020



.....
PAULINA ADRIANA MORILLO ALCÍVAR
CI: 1715646574

AGRADECIMIENTOS

Siempre he creído que para llegar al éxito se requiere de mucho esfuerzo y dedicación, sin embargo, existen personas que de alguna u otra manera te ayudan a lograrlo y así marcan tu vida de una manera extraordinaria. Es por este motivo que quiero dedicar este trabajo de titulación como un gesto de agradecimiento a quienes han aportado con su tiempo por ayudarme a llegar a este punto en mi proceso de continuo aprendizaje para realizar mi sueño.

Con mucho amor y cariño a mis hijos Aarón y Nicolás quienes son mi fuente de inspiración y motivación para seguir siendo una mejor persona cada día, una madre que lucha por verlos felices y sobre todo lo lindo y divertido que es aprender de sus experiencias cada día. A mi amado esposo Luis quien ha permanecido conmigo largas jornadas en mi proceso de preparación profesional, por no dejarme decaer y ser perseverante para cumplir mi meta y mis sueños, por no permitirme rendir cuando las cosas empezaban a tornarse difíciles, por todo eso gracias, te amo.

Al mejor de los padres José quien con su amor incondicional y sus esfuerzos me han convertido en una mujer fuerte y luchadora, por cada uno de sus consejos, enseñanzas y valores, a mi amada madrecita Doris, sin ti no hubiera sido capaz de lograr todo esto, gracias por permanecer a mi lado en todo momento y por cuidar de mis príncipes mientras cumplía mi meta, eres una mujer maravillosa, mi más grande admiración para ustedes.

Gracias a la mejor amiga que pudo otorgarme mi segundo hogar Anny, contigo las clases fueron las mejores, y después de varios años yo sé que gane una hermana en mi vida. Finalmente, quiero agradecer a aquellos ingenieros que fueron mis maestros gracias a sus conocimientos, paciencia y amor a la enseñanza han hecho posible que pueda culminar este trayecto hacia mi vida profesional.

Erika Lorena Paltas Quimis

DIGITALIZACIÓN DE MUESTRAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE CITOLOGÍA EN LATINOAMÉRICA: UN MAPEO SISTEMÁTICO.

DIGITIZATION OF LABORATORY SAMPLES IN THE AREA OF CYTOLOGY IN LATIN AMERICA: A SYSTEMATIC MAPPING.

Erika Lorena Paltas Quimis¹, Paulina Adriana Morcillo Alcívar²

Resumen

La patología es el estudio de las enfermedades en el cuerpo humano, las causas que provocan las lesiones en los tejidos son sin duda el motivo más importante para un patólogo. Si un órgano o tejido se encuentra comprometido de algún modo, se procede a realizar una biopsia con el fin de proporcionar el diagnóstico más rápido. Por este motivo el uso de la imagen digital en telepatología permite mejorar la calidad del diagnóstico, intercambiar conocimiento con otros expertos de forma remota y así mejorar la atención al paciente.

Este trabajo realiza un análisis de la literatura que incluye temas acerca de la digitación de las imágenes de las muestras de laboratorio en el área de citología en Latinoamérica. La metodología empleada en este trabajo se basa en Mapeo Sistemático que consiste en identificar una brecha de investigación y cuyo proceso propuesto por Petersen consta de tres etapas: Definiciones de Protocolo, Ejecuciones de Búsqueda y finalmente Discusión de los Resultados. Como resultado de este análisis se obtuvieron 69 artículos relevantes relacionados con la digitalización de imágenes de las muestras de laboratorio en el área de citología de acuerdo con los criterios de inclusión que fueron propuestos para esta revisión sistemática.

Palabras clave: digital, images, microscopy, telemedicine, virtual, pathology, cancer.

Abstract

Pathology is the study of diseases in the human body, the causes of tissue injuries are without a doubt the most important reason for a pathologist. If an organ or tissue is compromised in any way, a biopsy is performed to provide the quickest diagnosis.

For this reason, the use of digital imaging in telepathology improves the quality of the diagnosis, exchanges knowledge with other experts remotely, and thus improves patient care. This work performs an analysis of the literature that includes topics about the fingering of the images of laboratory samples in the area of cytology in Latin America. The methodology used in this work is based on Systematic Mapping that consists of identifying a research gap and whose process proposed by Petersen consists of three stages: Protocol Definitions, Search Executions and finally Discussion of Results. As a result of this analysis, 69 relevant articles related to the digitalization of images of laboratory samples in the cytology area were obtained according to the inclusion criteria that were proposed for this systematic review.

Keywords: digital, images, microscopy, telemedicine, virtual, pathology, cancer.

¹ Estudiante de Ingeniería en Sistemas – Universidad Politécnica Salesiana, Egresada – UPS – sede Quito. Autor para correspondencia: epaltas@est.ups.edu.ec.

² Máster Universitario en Gestión de la Información, Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, Profesora de Ingeniería en Sistemas – UPS – sede Quito.
Email: pmorillo@ups.edu.ec

1. Introducción

La patología o también llamada anatomía patológica es la ciencia que se encarga del estudio de las enfermedades en el ser humano y cuya finalidad es poder reconocer una lesión, describir su desarrollo y explicar el por qué esto puede ocurrir. Cuando un tejido u órgano sufre un daño se procede a realizar el análisis de un pequeño fragmento de tejido mediante una biopsia, esto permite establecer el diagnóstico para determinar qué tan avanzada se encuentra la enfermedad y orientar a un tratamiento hacia el cuidado y bienestar de la salud. Según el Journal of Clinical Pathology (R), la carencia de patólogos a nivel mundial, la mala distribución de los recursos materiales, humanos y financieros para el cuidado de la salud en los países en desarrollo de África, Asia y América Latina, han perjudicado la atención al paciente debido a diagnósticos con errores [1].

Una de las estrategias que propone el sector salud para optimizar los profesionales en patología es el uso de la “Telepatología”, cuyo propósito es mejorar la productividad a bajos costos, proporcionando imágenes de buena calidad tomando en cuenta el tamaño de las imágenes microscópicas, el formato de imagen, velocidad de exploración entre otros [2]. Por esta razón, algunos países en Latinoamérica han empezado a optar por esta opción, sumándose así a esta transformación digital. Para solventar este problema desde el punto de vista de estos países, se empieza a utilizar la transmisión de imágenes digitales conocida como Telepatología.

La imagen en la época actual en donde el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) está en auge, se encuentra vinculada a las técnicas de digitalización, cuyo enfoque son nuevas formas de creación, una vez almacenadas se las puede consumir para distintos propósitos y distribución.

Con la introducción de la imagen digital,

la citopatología ha cambiado su enfoque hacia una digitalización completa de las imágenes obtenidas de un microscopio óptico convencional, permitiendo trabajar eficientemente en un entorno más automatizado con la intención de obtener diagnóstico [3], establecer comunicación con diferentes profesionales para definir un resultado y la interpretación de forma rápida de las muestras citológicas o histológicas que pasaron por el proceso de digitalización [4].

Uno de los aspectos más importantes del uso de la imagen digital para el área de citología, es la digitalización de la toma de muestras de laboratorio tales como sangre, orina, Papanicolaou entre otras. Las muestras son colocadas en un portaobjetos con parafina para posteriormente realizar el proceso de digitalización y ser almacenada en un computador y ser recuperada en cualquier momento para el análisis correspondiente.

La preparación digital puede considerarse como una fotografía digital o copia que inicia con un escaneo de la muestra del laboratorio usando una cámara digital apropiada, para mejorar la calidad de imagen se sigue un proceso de restauración, luego se realiza una segmentación celular que posteriormente servirá para el análisis de los datos [5].

Entre las ventajas de digitalización se permite la aplicación de algoritmos, sin embargo, los formatos de archivo de imagen que usan los algoritmos de compresión con pérdida (por ejemplo, JPEG) reducen el tamaño del archivo y el espacio de almacenamiento necesario. Por lo general, cuanto mayor es el grado de compresión, más información se pierde, lo que en última instancia puede reducir la calidad o el detalle de la imagen [6].

El primer trabajo de análisis y procesamiento digital de imágenes fue realizado en 1990 por un grupo de argentinos de la Escuela de Medicina de la Universidad de Buenos Aires, para el año de 1994 patólogos

brasileños trabajaron en el análisis de imágenes digitales y desde ese mismo año en Paraguay se han realizado múltiples investigaciones en imágenes biomédicas y patología del cáncer [7].

Este trabajo tiene como objetivo realizar un mapeo sistemático de la literatura, con el cual se permitirá realizar un análisis de los artículos que incluyan temas acerca de la digitación de las imágenes de las muestras de laboratorio en el área de citología en Latinoamérica.

De este modo, se puede conocer las herramientas o métodos utilizados en el proceso de digitalización de muestras de sangre, orina, Papanicolaou entre otros, permitiendo así tener información que sea de gran ayuda para posteriores investigaciones, comparación de resultados, diagnóstico digital y aplicación de algoritmos que permitan implementaciones futuras en el Ecuador.

2. Estado del arte

El estado del arte de los artículos que abordan el tema de investigación ha sido colocado en orden alfabético por país, así como también la síntesis de acuerdo con la línea de tiempo en la cual fueron publicados los trabajos.

Argentina

En Argentina en el año de 1977 la Universidad de Buenos Aires por primera vez hace uso del análisis computarizado de datos en anatomía patológica. Para el año 1991 en la Escuela de Medicina de la Universidad de Córdoba, Argentina se incluye la informática médica, permitiendo así en el año 1992 la creación de un banco de datos de imágenes digitales histológicas. Como parte de un proyecto piloto en el año de 1997 Argentina forma parte de la Iniciativa de Telepatología en Europa y América Latina (ELATI) haciendo uso de una red digital de servicios integrados cuyo propósito era la transmisión de datos en la

ciudad de Buenos Aires para el Hospital Público de Belgrano. En el mismo año Argentina forma parte del primer Congreso Virtual Hispanoamericano de Patología en conjunto con otros países, para el año 2009 se aplica la telecitología utilizando la herramienta Amperio ScanScope con el fin de obtener imágenes digitales para ser usadas por los expertos en patología desde cualquier lugar [7].

En el año 2010 se planteó la creación de una mediateca digital de imágenes de muestras histológicas provenientes de la asignatura de Biología Celular, Histología y Embriología de la Facultad de Ciencias médicas de la Universidad de Córdoba con la finalidad de poner a disposición del público material que permita enriquecer sus conocimientos mediante documentos multimedia y audiovisuales [8], por otro lado se desarrolló un sistema de imágenes de los diferentes órganos del sistema digestivo para la educación médica a distancia [9].

Para el 2015 se realizó un análisis de las diferencias existentes de una reconstrucción de tumor óseo obtenido de un proceso quirúrgico, la reconstrucción se realizó por medio de imágenes digitales utilizando un microscopio que fue adaptado a una cámara digital, cuyo fin fue encontrar el error máximo tolerable mediante una comparación estructural entre tomografías y estudios de resonancia magnética y el conjunto de imágenes digitales usadas para la reconstrucción, mostrando un margen de error sumamente bajo [10].

Finalmente las últimas contribuciones datan de 2017, año en el que se implementó un sistema de procesamiento de imágenes digitales, con el fin de identificar patrones de infección en relación a la enfermedad de Chagas, estableciendo así una predicción del avance de la misma y poder determinar el tratamiento adecuado según el daño del tejido obtenido de las muestras [11].

Brasil

En el caso de Brasil en el año 2009 se realizó un estudio de la tecnología de Diapositiva de Imagen Conjunto (WSI), como una herramienta para realizar consultas entre varios expertos de telepatología desde cualquier parte del mundo, las imágenes digitales fueron almacenados en un disco duro y enviado a un centro de referencia de EEUU, con el fin de reducir los tiempos de respuesta para las consultas y diagnóstico realizado en América del Sur, las comparación entre el portaobjetos y las imágenes digitales tuvieron una correlación del 91%, permitiendo obtener interpretaciones satisfactorias, sin embargo en otros casos hubo errores asumiendo que la tecnología utilizada pudo ser la causante de estas diferencias, para lo cual se debió realizar un nuevo diagnóstico y llegar a un consenso para el resultado, concluyendo que se debe mejorar y realizar ajustes en la tecnología WSI [12].

En el año 2012 para el Departamento de Salud del Estado de Santa Catarina en Brasil, se desarrolló e implementó una red pública de telemedicina y telesalud cuya principal tecnología se llamaba Portal de Telemedicina que permitía acceder a datos DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) utilizados con fines de diagnóstico. El objetivo de esta red era mejorar los servicios de salud, así como también la reducción de costos [13], [14].

En el mismo año un patólogo recién contratado por el Instituto Materno Infantil de Pernambuco (IMIP) fue invitado a un programa de capacitación ofertado por el Hospital de Investigación Infantil St. Jude con el propósito de adquirir experiencia en el uso de tecnologías enfocadas al diagnóstico de telepatología pediátrica [15].

En el año 2013, se realizó un estudio que menciona la evolución de la informática en el área de la telepatología con el propósito de

impulsar el cumplimiento de estándares nacionales adecuados para el uso de tecnología de información de la salud por parte de los patólogos [16].

Para el año 2019 el procesamiento digital de imágenes es empleado para prevenir el cáncer de cuello uterino [17], dado que la telecitología al ser usada como un medio de diagnóstico para las lesiones cérvico vaginales facilita el acceso a las imágenes desde cualquier lugar por expertos patólogos, haciendo más eficiente la observación y evitar la pérdida de información de las mismas [18].

Chile

Por su parte Chile en el año 2015 utilizó WSI en patología ocular, para identificar las características morfológicas de retinoblastomas (RB), cuyo propósito fue determinar la exactitud de los diagnósticos entre las muestras convencionales en vidrio y las muestras digitalizadas. Como resultado de este estudio se pudo comprobar que el uso de WSI si permitía identificar las características de RB además de realizar anotaciones en zonas de interés, acceso desde cualquier lugar y por medio de conferencias remotas intercambiar conocimiento entre varios patólogos haciendo uso de las imágenes en tiempo real [19].

En el año 2017 se diseñó e implementó un sistema de patología digital para cuantificar los marcadores inmunohistoquímicos en biopsias de cáncer de mama y así optimizar el flujo de trabajo manual, permitiendo a la comunidad de patólogos aprovechar las tecnologías para facilitar la interconsulta, así como también obtener una segunda opinión por parte de otros colegas [20]. Por su parte el Centro de Patología Digital Asistida por Internet (CPDAI) de la Universidad de Chile aportó con un servicio de digitalización de muestras de alta calidad con fines de diagnóstico, investigación y educación continua [21].

Para el año 2018 se desarrolló un sistema

que sirvió de apoyo para la detección de cáncer cérvico uterino, capaz de leer imágenes digitalizadas de una muestra de Papanicolaou (PAP), con el fin de automatizar los procesos de detección de anomalías y así prevenir este tipo de cáncer, el proceso de detección constó de 4 partes: primero se escanearon las placas de Papanicolaou para obtener las muestras digitales, después se realiza un pre procesamiento, seguido de una segmentación de la imagen digital y por último detección de núcleos de acuerdo a la forma, tamaño e intensidad. Se determinó que este sistema si cumplió con lo esperado [22].

Colombia

En el caso de Colombia en el año 2005 se construyó un modelo computacional en Matlab basado en técnicas de inteligencia artificial, redes neuronales y un sistema basado en conocimiento, que permitió determinar la medición y las características de las células cérvico uterinas para clasificarlas como normales y detectar anomalías para prevenir el cáncer de cuello uterino, para esto se utilizó 183 imágenes digitales [23].

En [24], [25] realizaron un estudio exploratorio para identificar los patrones de navegación en diapositivas de microscopía virtual, expertos patólogos graduados en la misma escuela de patología y con una experiencia de trabajo similar, mediante el uso de una GUI manipularon varias diapositivas virtuales para lograr determinar el % de áreas visitadas, % de coincidencia y el tiempo que cada patólogo visita el área de interés conocida como ROI.

En el año 2011 se realizaron varias investigaciones entre las cuales se puede mencionar la introducción de un banco de imágenes patológicas de cuello uterino para la red RENATA enfocada a la educación virtual [26], presentación de una estrategia soft-cache para optimizar los tiempos de navegación en

áreas de interés de imágenes digitales en microscopía virtual que utilizan una arquitectura cliente-servidor [27], presentaron un detalle de varias tecnologías de microscopía y las posibles restricciones a la hora de ser implementadas [28], tomando en cuenta esto se desarrolló un sistema de bajo costo utilizando software libre y hardware para ser utilizado de acuerdo a las necesidades de los patólogos [29], los sistemas de microscopía virtual utilizan placas digitalizadas que con un adecuado procesamiento de imagen, se obtiene una mejor calidad de resolución para ser manipuladas posteriormente [30], [31].

Durante los siguientes años se propuso el desarrollo de un algoritmo [32] y un software [33], [34] que permita realizar el conteo y la detección de los glóbulos rojos mediante el procesamiento digital de imágenes tomadas a partir de las muestras de sangre, por otro parte se realizó una prueba piloto con ayuda de un patólogo remoto, enviadas a una plataforma y determinar un diagnóstico virtual convirtiendo a la Telecitología en una parte importante en el proceso de la educación cuya modalidad es a distancia. Para el año 2018 un estudio demuestra que es factible el uso de la telecitología con fines de diagnóstico entre EEUU y Colombia[35].

Cuba

Como parte del proceso de enseñanza en Medicina General Integral de Cuba se realizó un estudio para conocer las herramientas básicas que permitan determinar las causas de cáncer cervicouterino y poder prevenirlo [36].

Para mejorar la calidad de las pruebas citológicas se construyó una herramienta que permitió detectar las posibles causas que originan el cáncer de cuello uterino, usando algoritmos de segmentación se pudo obtener una clasificación de las características de la célula en las zonas de interés de las muestras citológicas [37], [38].

Ecuador

Para el caso de Ecuador la Telemedicina es un enfoque nuevo para la educación médica, en el año 2007 se desarrolló el proyecto llamado “Tutupaly” cuyos colaboradores fueron la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) y el Ministerio de Salud Pública (MSP). Este sistema tenía como propósito apoyar a la educación continua, utilizando esta herramienta como recurso didáctico para el desarrollo de las destrezas. Desde octubre del 2013 a febrero del 2015 participaron 124 estudiantes y 6 médicos de diferentes especialidades, una de las ventajas para los estudiantes fue el acceso hacia los especialistas y la confirmación de los diagnósticos, el único inconveniente fue la cantidad de tiempo que los especialistas tardaron para emitir una respuesta hacia sus estudiantes [39].

México

Por su parte México en el año 2012 realizó una investigación para conocer el efecto que tiene rendir un examen digitalizado por el Consejo Mexicano de Médicos Anatomopatólogos (COMMAP) previo a la obtención de la certificación, este examen consta de varias secciones, una de ellas es la sección de microscopía que cuenta con 50 laminillas que serán evaluadas por el patólogo para dar el diagnóstico conciso del caso, se redujo el tiempo para rendir el examen y de esta forma se comprueba que no es una desventaja el no usar un microscopio convencional [40].

En el año 2017 uno de los problemas de salud más graves a nivel global es ocasionado por el virus de papiloma humano, el diagnóstico oportuno del mismo permite tomar las medidas de prevención necesarias para evitar ser contagiados. Mediante el procesamiento de imágenes médicas, almacenamiento y recuperación, se ha podido

optimizar el tiempo para determinar un diagnóstico oportuno [41], en muchos casos las imágenes digitales poseen errores de lectura lo que hace necesario recurrir a la utilización del microscopio óptico tradicional, para esto se mostró un control remoto interactivo que permitirá maniobrar el microscopio a distancia [37].

Panamá

En Panamá en el año 2014 en el Hospital San Félix y 3 centros de salud de las comunidades rurales se implementó la Red (PTTP), que es el Programa de Telemedicina y Telesalud Panamá equipado de videoteléfonos StarView, estetoscopios electrónicos y pantalla de alta resolución para una mejor visualización de los diagnósticos médicos, este proyecto fue apoyado por el programa “Servicios de soporte técnico Intelectual de Ciencias Biológicas y tropicales” del ejército de EEUU y cuyo principal objetivo es ser un modelo para el Departamento de Salud de Panamá y el resto de países que conforman América Latina [38].

Perú

En el caso de Perú en el año 2009 se reportó la primera experiencia de telepatología robótica, se utilizó el equipo ScanScope PC y software capaz de digitalizar el contenido de las muestras histológicas a ser analizadas teniendo como resultado una experiencia satisfactoria, tiempos de respuesta adecuados e imágenes de muy buena calidad [42].

En el año 2015 se desarrolló un sistema de acceso remoto utilizando algoritmos de procesamiento de imágenes digitales con el fin de mejorar el diagnóstico para las pruebas de Papanicolaou [43]. En el año 2016 se desarrolló un algoritmo de procesamiento digital de imágenes para el conteo de glóbulos rojos [32], para obtener la imagen se instaló una cámara en el microscopio y posteriormente fueron almacenadas en el computador para ser

analizadas [33].

Venezuela

Por su parte Venezuela en el año 2011, como parte de trabajo de titulación el Servicio de Anatomía Patológica del Hospital Oncológico “Dr. Miguel Pérez Carreño” ubicado en Valencia, suministró las muestras cervicovaginales para posteriormente ser procesadas por el programa ImageTools y convertirlas a escalas de grises con el objetivo de aportar con valores que sirvan de referencia al determinar un diagnóstico en los diferentes diagnósticos de citología del cuello uterino [44].

Para el mismo año en [45] se realizó un estudio exploratorio con el fin de obtener datos citológicos de calidad para ser visualizados por medio de un microscopio óptico adaptado a una cámara digital, esto se realizó para obtener imágenes, que mediante un software se las pudo digitalizar y poder observar la estructura celular con más detalle.

Como resultado de estas investigaciones es posible determinar que el 28.9% son trabajos que permiten identificar las causas por las cuales se desarrolla el cáncer de cuello uterino. Gracias al procesamiento digital de imágenes fue posible detectar con mayor facilidad las características asociadas a la malignidad (MACs) de las células para determinar si existe o no presencia de cáncer, en estudios realizados a partir de los años 70 se ha generado un registro con alrededor de 400 características distribuidas en 4 grupos (Densidad, Morfología, Textura, GLCM) por esta razón en [17] se mejoraron estas características en un 4,3% para establecer una mejor precisión de clasificación y segmentación de los núcleos celulares.

Por su parte en [46] se presenta un modelo de clasificación basado en las características de color y textura basados en el estándar MPEG-7 el cual no necesita de una segmentación preliminar optimizando la clasificación de

precisión en un 0.89% y en un 0.83% de sensibilidad de las células para el diagnóstico de las pruebas de Papanicolau [47], [48], se han realizado además múltiples investigaciones en base a la clasificación de las células cervicovaginales en las cuales se han utilizado algoritmos que permiten determinar anomalías en la estructura celular [49], así como también algoritmos de pre procesamiento de imágenes para el desarrollo del sistema computacional que permite el acceso remoto a las imágenes de las pruebas de Papanicolau [50], y el análisis de algoritmos para la segmentación de imágenes citológicas de los bronquios y serosa tales como RGB, HSV y L^*a^*b [51].

Los sistemas desarrollados por [41], [43]–[45], [52] identifican áreas con lesiones en las células, el procedimiento realizado fue un cambio de resolución de las ilustraciones obtenidas, aplicar una valoración de acuerdo a las características de la estructura del núcleo celular y finalmente aplicar un algoritmo K-vecinos mejorando el rendimiento de la sensibilidad en un 97,1% y una especificidad del 88%.

En La Boquilla un barrio de Colombia en el mes de octubre del 2010 durante 3 días se utiliza telecitología cervicovaginal mediante el uso de una cámara digital OPTIKA adaptada a un microscopio Nikon E100 cuyo propósito es realizar pruebas que permitan ser visualizadas en el software Optikan 3 y obtener un resultado efectivo para el mismo día, como resultado de esta prueba piloto se obtienen 84 muestras citológicas de las cuales solo el 6% fueron enviadas a través de internet para verificar y corroborar el diagnóstico [23].

Además se desarrolló un software denominado SISAP capaz de analizar las imágenes obtenidas en los exámenes de Papanicolau para detectar de forma automática mediante un aprendizaje supervisado los elementos de la célula, tamaño del núcleo y citoplasma para distinguir cualquier tipo de

anomalía presente en la célula [22], así como también la práctica de métodos no supervisados [53].

Por otra parte en [54] se desarrolló un algoritmo que permite realizar el conteo de los vasos sanguíneos que producen la angiogénesis como una táctica que permite alertar presencias de tumor y de esta manera prevenirlo, 23 muestras de sangre fueron digitalizadas mediante técnicas para el procesamiento de imágenes, haciendo uso de un microscopio Carl Zeiss y una cámara digital, se clasificó un total de 292 células en 4 grupos de eritrocitos: Eliptocitos, esféricos, normocitos y equinocitos de los cuales el 97.3% fueron clasificadas correctamente por la red neuronal desarrollada [55].

A pesar de existir un sin número de características de interés para los patólogos y así encontrar anomalías o lesiones celulares, también es de gran interés las regiones o áreas que siguen los patólogos en los sistemas de microscopía virtual. Los patrones de navegación [56], [57] indican las zonas más relevantes en un tejido histopatológico [58], se utilizaron microscopios virtuales de la marca Carl Zeiss Axiostar Plus , cámaras de video(Sony - Nikon) [25], [27] para obtener las imágenes digitales para ser manipuladas por los expertos en patología. Los criterios para determinar que un área es de interés se mide en base a 3 criterios, un grupo de patólogos fueron sometidos a las pruebas de los sistemas de microscopía virtual dando como resultado que las áreas visitadas concuerdan en un 66% y el nivel de coincidencia de los resultados es del 97% [24].

La telecitología mejora los diagnósticos de las afecciones cervicovaginales al poder discutir sus resultados con expertos ubicados en cualquier parte del mundo [18] así como minimizar el tiempo para obtener un diagnóstico [28], [59], es así como la patología digital y microscopía virtual ayudan al

diagnóstico médico [20]. Con el uso de la imagen digital y su análisis por medios computarizados es posible aumentar la velocidad de diagnóstico, así como de reemplazar ciertas acciones que realiza el ojo humano [5].

Como resultado de la implementación en [8], [9] ponen a disposición un sitio web que contiene ilustraciones, abstract de los artículos académicos además de una herramienta que permite traducir el idioma de inglés a español y viceversa, las láminas histológicas fueron suministradas por la SECyT(Secretaría de Ciencia y Tecnología) y la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Córdoba, la digitalización de estas imágenes tienen un formato JPG y GIF y se las obtuvo usando el fotomicroscopio Olympus Bx50, cámara de video Sony y el software de análisis de imágenes Image Proplus facilitando la manipulación de estas.

En Colombia se implementó un sitio web que permite el trabajo de forma colaborativa entre patólogos, el portal permite la navegación de varios usuarios al mismo [60] tiempo obteniendo un tiempo de respuesta del framework de 10 segundos cuando se emplean aumentos en el tamaño de la imagen mejorando el rendimiento para los tiempos de respuesta [14].

Cabe mencionar que de los 451 municipios colombianos etiquetados como rurales solo 59 de ellos tienen una velocidad de carga superior a 1000 bps dificultando la implementación de un sistema de Telemicroscopía adecuado para la manipulación de imágenes digitales en tiempo real [61]. Por ello se desarrolló un software de telemicroscopía cuyo costo fue menor a \$250 y cuyo consumo era menor a 15W, facilitando así el diagnóstico obtenido en tiempo real [62].

Los sistemas desarrollados para manipular imágenes digitales también pueden ser validados con el fin de conocer la concordancia

y precisión de los resultados obtenidos con anterioridad en base a muestra histológicas en vidrio y las ilustraciones almacenadas en formato digital, para que una validación arroje resultados más precisos es necesario tener almacenado al menos una muestra de al menos 60 casos. Si el rango de casos oscila entre los 52 a 90, el porcentaje de precisión mejora en un 90% y su concordancia en un 95% [63].

La telemedicina dio un giro importante en lugares poco accesibles, ahora es posible tener ayuda de médicos con un nivel alto de conocimientos desde cualquier parte del mundo [64], no solo accediendo a las imágenes a través de un computador sino también mediante patología dinámica por medio de teléfonos inteligentes que permiten analizar las muestras a través de una interfaz con capacidad de mostrar el área a explorar y una mini ventana que contiene la región que está siendo analizada [65]. La implantación de tecnología en patología permite una comunicación continua con especialistas de los diferentes hospitales a través de conexiones abiertas con horarios dispuestos por los expertos para cualquier tipo de consulta por parte de los pacientes [66].

Los aportes de la telemedicina en el campo de la pedagogía han dado resultados positivos, estudiantes usan los laboratorios virtuales con material histológico digitalizado para mejorar sus aptitudes y adiestrar sus técnicas para identificar las lesiones en los tejidos [67], en la Escuela de Medicina en Monterrey se diseñó una red con recursos de patología que aumentaron la satisfacción de aprendizaje de los estudiantes, de un grupo entre 20 y 60 alumnos el 60% consideró útil esta herramienta para ponerla en práctica [68]. La microscopía virtual en el campo de la educación permite mejorar la calidad de aprendizaje, motiva a los estudiantes a investigar más desarrollando su capacidad de análisis [69].

En [70] se implementaron 5 módulos con prácticas experimentales de microscopía óptica virtual cuya metodología empleada fue “aprender haciendo”, 10 estudiantes de la última cátedra del curso de Física de Oscilaciones y Ondas pertenecientes a la Universidad Nacional de Colombia lograron resolver todos los planteamientos en cada módulo de forma exitosa, 8 de ellos realizan una encuesta con un índice alto de satisfacción y 1 de cada 10 estudiantes demuestran un descontento con esta práctica.

3. Metodología

La metodología empleada en este trabajo se basa en Mapeo Sistemático. Esta metodología consiste en saber buscar dentro de un área de investigación y así poder realizar un buen estudio. En primera instancia se debe profundizar un dominio de la investigación mediante el uso de métodos que sean rigurosos, sistemáticos y cuyas decisiones estén claramente documentadas. Una vez identificada la brecha de investigación se mapean las frecuencias de las publicaciones a lo largo del tiempo identificando foros, autores relevantes, metodologías o métodos utilizados.

Luego se procede a buscar documentación en base al número de citas (mientras mayor cantidad de citas es mucho mejor), organizaciones, revistas o congresos, por palabras claves o contenidos de acuerdo con los resúmenes de cada uno de los artículos encontrados.

El proceso de mapeo sistemático propuesto por Petersen consta de tres etapas, las cuales son: Definiciones de Protocolo, Ejecuciones de Búsqueda y finalmente Discusión de los Resultados [71]. Cada etapa consta de una serie de pasos que pueden observarse en la

Figura 1.

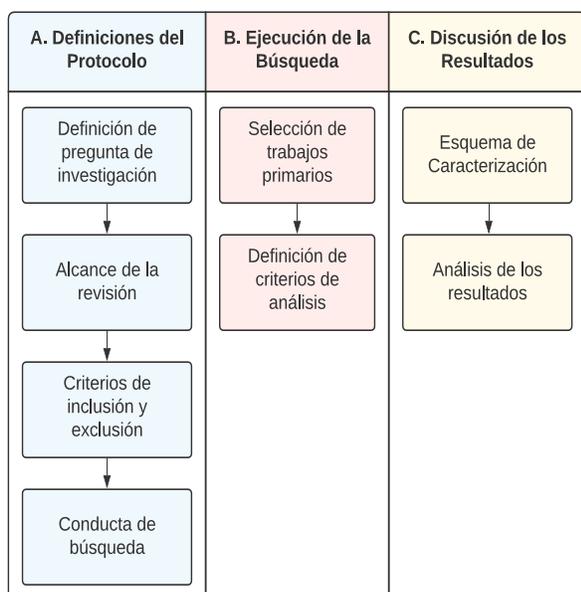


Figura 1. Procesos del mapeo sistemático

3.1 Definiciones del Protocolo

3.1.1 Definiciones de las preguntas de investigación.

En la primera fase del mapeo sistemático se definen las preguntas de investigación, para este estudio se definieron las siguientes preguntas:

Q1: ¿Cómo se encuentran distribuidas las publicaciones sobre la digitalización de imágenes de las muestras de laboratorio en los diferentes países que conforman Latinoamérica, filtradas por idioma?

Q2: ¿Cómo se distribuyen las publicaciones en las diferentes bases de datos o revistas de investigación científica que incluyan a digitalización de imágenes de muestras de laboratorio en Latinoamérica, filtradas por idioma?

Q3: ¿Cuántas publicaciones se han llevado a cabo durante los últimos 10 años acerca de digitalización de imágenes de la toma de muestras de laboratorio en Latinoamérica, filtradas por idioma?

Q4: ¿Qué tipo de publicaciones se han llevado a cabo en Latinoamérica, sobre la digitalización de imágenes de las muestras de

laboratorio?

Q5: ¿Cuál ha sido el impacto de las publicaciones realizadas en Latinoamérica sobre la digitalización de imágenes de las muestras de laboratorio?

3.1.2 Alcance de la revisión

Hoy en día existe una variedad de bases de datos con publicaciones enfocadas a múltiples áreas de investigación, en este estudio se recolectará artículos científicos de los laboratorios clínicos en Latinoamérica, enfocados al procesamiento digital de imágenes en citología en los diferentes repositorios digitales con reconocido valor y fiabilidad como fuente de información. Para un mejor análisis se ha clasificado los repositorios en 2 tipos: repositorios temáticos que a su vez pueden ser de acceso abierto o por suscripción para poder acceder al contenido y los repositorios institucionales que contienen publicaciones de tesis o investigaciones con el fin de generar aporte a su comunidad o institución [72].

3.1.3 Criterios de inclusión y exclusión

Para los criterios de inclusión se toma en cuenta aquellos artículos científicos que tengan relación con la digitalización de imágenes de las muestras de laboratorio citológico, histológicos y aquellos en los cuales hagan referencia a exámenes de sangre, orina y biopsias, además de los estudios en idioma inglés, español y portugués. Se excluyen todas las publicaciones cuyo enfoque principal se aleje del procesamiento digital de imágenes en muestras de laboratorio y publicaciones que no se relacionen con países pertenecientes a Latinoamérica.

3.1.4 Conducta de búsqueda

En este trabajo se realizará la revisión mediante dos búsquedas. La primera es una búsqueda rigurosa de la literatura en los repositorios

digitales con reconocido valor y fiabilidad y la segunda incluirá aquellos proyectos o programas del procesamiento digital de imágenes de la toma de muestras de laboratorio tales como sangre, orina, Papanicolaou implementadas en Latinoamérica. A continuación, se describe cada búsqueda.

La búsqueda de la literatura científica se relacionó con palabras clave: “informática patológica Latinoamérica”, “histopatología digital Latinoamérica”, “Digital pathology Latinoamérica”, “histología digital Latinoamérica”, “telecitología Latinoamérica”, “virtual microscopy Latinoamérica”, “Telepathology with virtual slides Latinoamérica”, “Virtual slide telepathology”, “procesamiento de imágenes digitales citológicas Latinoamérica” y cualquier nombre de los países de América Latina (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Perú, Venezuela, entre otros). La búsqueda incluye aquellas publicaciones entre los años 2009 hasta el 2019 en idioma inglés, portugués y español.

La búsqueda de programas y proyectos de procesamiento de imágenes de la toma de muestras citológicas en América Latina se realizó en Google Scholar. Tomando como referencia los artículos escritos en español o en portugués se puede decir que la información es difundida en el idioma nativo de cada país, por este motivo para recuperar la información se tomaron en cuenta los dominios web de cada país de Latinoamérica. Por ejemplo *.co, *.ch, *.ar, *.ec y *.br, entre otros.

3.2 Ejecución de la Búsqueda

3.2.1 Selección de trabajos primarios

Para la identificación de los artículos primarios se establecieron los siguientes filtros de revisión:

I. Primer Filtro (1F):

- Revisión de palabras clave en el título
- Revisión del resumen(abstract) de las publicaciones.

II. Segundo Filtro (2F)

- Aquellos artículos que pasaron los dos filtros anteriores se proceden a la lectura completa del mismo.

En base a los repositorios que se habían clasificado con anterioridad por temáticos o institucionales, los resultados de la selección de trabajos pueden observarse en la Figura 10, de acuerdo al formato propuesto por los autores en [73]. Después de haber aplicado el primer y segundo filtro se seleccionaron 69 publicaciones. Es importante señalar que tanto en los repositorios de pago como en los repositorios independientes la búsqueda por palabras clave es más específica, y las diferentes combinaciones de palabras para obtener información no arrojaron los resultados esperados, la mayor cantidad de publicaciones fueron encontradas en repositorios de acceso libre puesto que fue posible realizar una amplia asociación de palabras clave para obtener la información de interés para el presente estudio.

3.2.2 Definición de criterios de análisis

En esta etapa se procede a la selección de aquellos artículos relevantes para la investigación y la definición de los criterios para su análisis. Para los criterios de búsqueda se tomará en cuenta los años de publicación de los artículos investigados, áreas de aplicación, herramientas utilizadas o metodologías para el tratamiento de imágenes digitales de las muestras de laboratorio en el área de citología.

3.3 Discusión de los Resultados

3.3.1 Esquema de caracterización

En esta sección se realizó un resumen del mapeo sistemático en base a algunas de las preguntas de investigación mencionadas anteriormente, en la Figura 12, se puede observar un gráfico de burbujas que indica la

distribución del idioma, así como también el tipo de repositorios en base a los países de los que se obtuvo información de interés para este estudio.

3.3.2 Análisis de resultados

La etapa final del mapeo sistemático corresponde a la presentación del análisis realizado a los estudios primarios que han sido seleccionados.

4. Resultados

De las búsquedas realizadas se obtuvieron 102 artículos académicos, de los cuales 69 son relevantes relacionados con la digitalización de imágenes de las muestras de laboratorio en el área de citología de acuerdo con los criterios de inclusión que fueron propuestos para esta revisión sistemática. En base a las preguntas de investigación antes mencionadas, se detallan los resultados:

Q1: ¿Cómo se encuentran distribuidas las publicaciones sobre la digitalización de imágenes de las muestras de laboratorio en los diferentes países que conforman Latinoamérica, filtradas por idioma?

En el mapa de la Figura 2, se muestra la distribución de 69 artículos académicos, en los diferentes países que conforman Latinoamérica. El mapa permite diferenciar las zonas en las cuales existe mayor concentración de publicaciones en cuanto a investigaciones acerca de la digitalización de imágenes de muestras citológicas. Se puede observar que países como Ecuador, Panamá, Venezuela, Chile y México poseen una tonalidad de color más baja puesto que la cantidad de publicaciones realizadas están en un rango entre 1 y 5, a diferencia de Argentina, Perú, Brasil, Cuba y Colombia que tienen una participación más amplia en procesamiento digital de imágenes y telepatología, estando en un rango entre 6 y 22 publicaciones.

Además, se realizó un filtrado por idioma de los trabajos encontrados en cada país obteniendo como resultado que del 100% de casos, el 56.5% de publicaciones están en idioma español distribuidos en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, México, Perú y Venezuela. El 40.6% de publicaciones están en idioma inglés distribuidas por Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, Panamá y Perú. Finalmente, el 2.90% de publicaciones están en idioma portugués cuyas publicaciones fueron en Colombia y México.

Q2. ¿Cómo se distribuyen las publicaciones en las diferentes bases de datos o revistas de investigación científica que incluyan a digitalización de imágenes de muestras de laboratorio en Latinoamérica, filtradas por idioma?

A partir del motor de búsqueda Scholar de Google para encontrar artículos académicos de interés para esta investigación, fue posible ubicarse en los diferentes repositorios que fueron clasificados tal como se muestra en la Figura 3, sin embargo existen repositorios pertenecientes a los diferentes grupos de clasificación que no fueron tomados en cuenta para esta investigación.

En la Figura 4, se muestra la distribución de publicaciones por idioma (español, inglés y portugués) alojadas en los diferentes repositorios temáticos de acceso libre, temático bajo suscripción e institucional, los repositorios que mayor concentración de investigaciones tienen dentro del análisis expuesto son Pubmed y Dspace, siendo Pubmed una de los Repositorios más renombrados en el área de la salud y Dspace liderando a una variedad de plataformas con contenido digital.

En la Figura 5, se puede observar las frecuencias relativas en base al tipo de repositorio, del 100% de las publicaciones, el 5.8% se encuentran publicados en repositorios temáticos de acceso libre, el 40.6% en repositorio temáticos suscritos y el 53.6% pertenecen a repositorios institucionales.

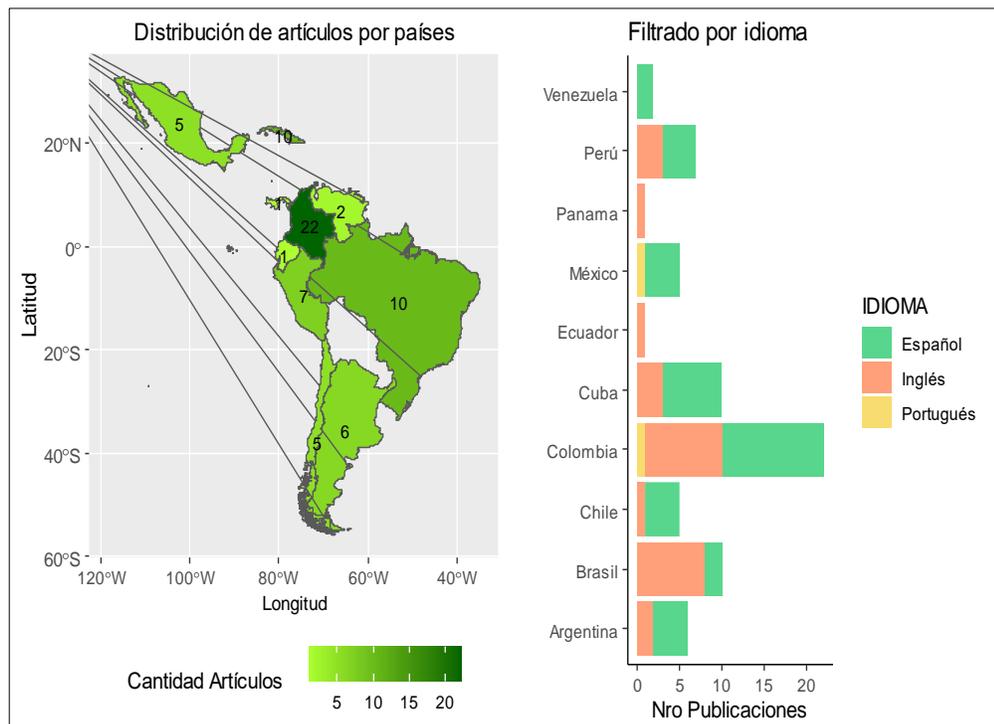


Figura 2. Distribución de publicaciones por país filtrado por idioma

Es importante conocer que muchos de los artículos de investigación científica se publican en inglés dado que las revistas a las cuales están indexadas las publicaciones vienen de revistas con prestigio escritas en ese idioma, otra de las razones es que el impacto de las publicaciones en inglés recepta el interés de los investigadores en la comunidad científica siendo esta la lengua que más se habla a nivel mundial, sin embargo, aunque las publicaciones en inglés sean de mayor interés y sobre todo las más consultadas en los motores de búsqueda también se puede observar que otros aportes han sido publicados con el idioma natal de su país como es el caso de artículos en idioma español.

Repositorios Temáticos	Acceso Abierto	Scielo Revista Brasileira de Análises Clínicas RBAC Revista Oficial de la Asociación Iberoamericana de Telesalud y Telemedicina AITT
	Por suscripción	IEEE Wiley Online Library ScienceDirect Pubmed Elsevier Springer BioMed Central Public Library of Science (PLoS)
Repositorios Institucionales	Acceso Abierto	Dialnet Dspace Mit Library Redalyc La Referencia Biblat Bibliografía Latinoamericana Biblioteca Digital U. Chile BVS Biblioteca virtual en salud Cybertesis UNMSM Medigraphic Literatura Biomédica Repositorio Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Repositorio Universidad de Unipamplona Repositorio Institucional Bdigital Repositorio Universidad Técnica Federico Santa María UTFSM Repositorio UTN Universidad Tecnológica Nacional de Argentina

Figura 3. Clasificación de Repositorios

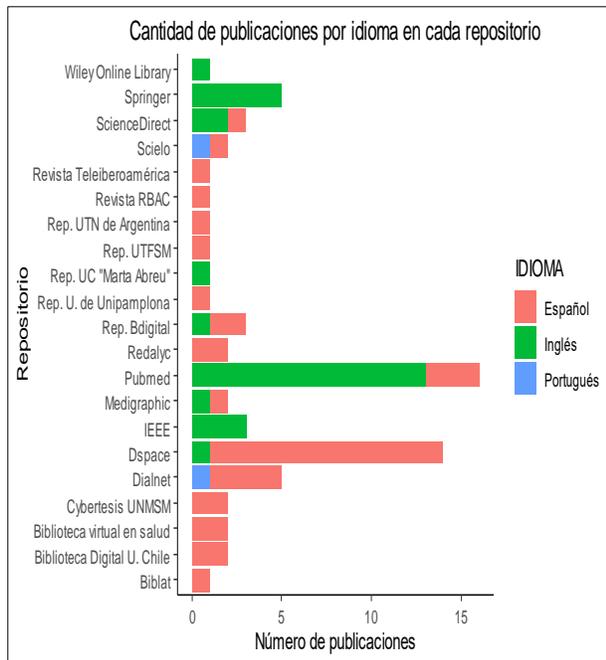


Figura 4. Distribución de publicaciones o artículos académicos por idioma en los diferentes repositorios digitales filtrados por idioma.

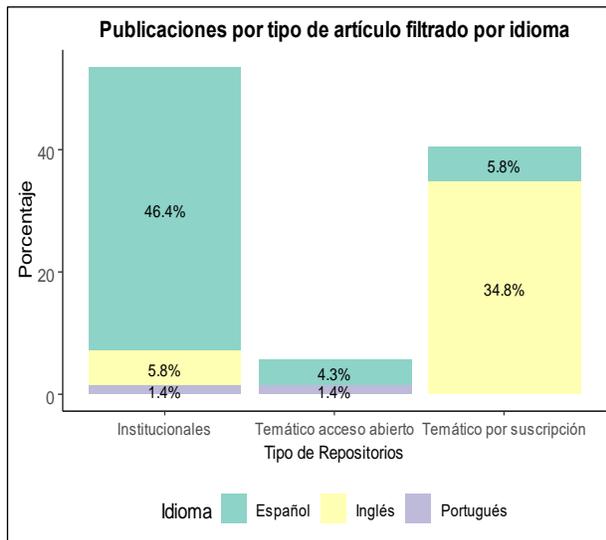


Figura 5. Frecuencia por tipo de repositorio filtrado por idioma

Q3: ¿Cuántas publicaciones se han llevado a cabo durante los últimos 10 años acerca de digitalización de imágenes de la toma de muestras de laboratorio en Latinoamérica, filtradas por idioma?

En la Figura 6, se puede observar que la cantidad

de publicaciones entre el año 2009 y 2011 fue creciendo de manera significativa, durante este periodo de tiempo países como Perú, Brasil, Argentina e Italia participan en una prueba piloto utilizando preparaciones digitales que se obtienen a partir de la herramienta Aperio ScanScop, posteriormente las imágenes se almacenan en bases de datos de acceso abierto con el fin de ser utilizadas desde cualquier lugar.

Para el año 2012 las investigaciones en base a este tema disminuyen un poco, sin embargo, en Brasil se crea un Portal de Telemedicina con acceso a datos DICOM y en México a su vez se aplica la microscopía virtual en el campo de la docencia, dando un giro significativo en la preparación y crecimiento de los futuros profesionales.

Entre los años 2013 y 2014 el número de investigaciones se mantiene, existen implementaciones de telemedicina en centros de salud públicos en países como Panamá y Brasil, y se continúa con el enfoque hacia la educación médica en Ecuador.

A partir del año 2015 aunque la cantidad de artículos publicados aumentan y disminuyen, el tema del uso de imágenes digitales es el principal motivo para mejorar los diagnósticos en la detección del cáncer cérvico uterino.

Se puede destacar entonces que la telepatología es una herramienta que permite optimizar la calidad de atención al paciente y por ende la cantidad de investigaciones en este tema debería ser una prioridad para poder tener un avance significativo y llevar a cabo futuras implementaciones.

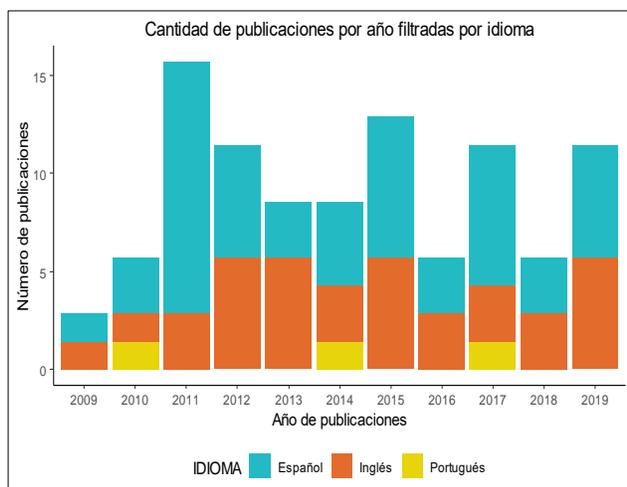


Figura 6. Cantidad de publicaciones por año filtradas por idioma

Q4: ¿Qué tipo de publicaciones se han llevado a cabo en Latinoamérica, sobre la digitalización de imágenes de las muestras de laboratorio?

De acuerdo con el mapeo realizado se puede observar en la Figura 7, que el 72.5% de los artículos han sido publicados como Journals, 4.3% de ellos han sido trabajos de investigación para obtener diplomados y doctorados, 7.2% tesis de grado, 8.7% en maestrías y finalmente el 2.9% de ellos han sido parte de congresos relacionados a la telemedicina y telesalud.

Es importante conocer que el aporte a la comunidad científica es alto de acuerdo con la cantidad de publicaciones que han sido destinadas a las diferentes revistas de investigación científica.

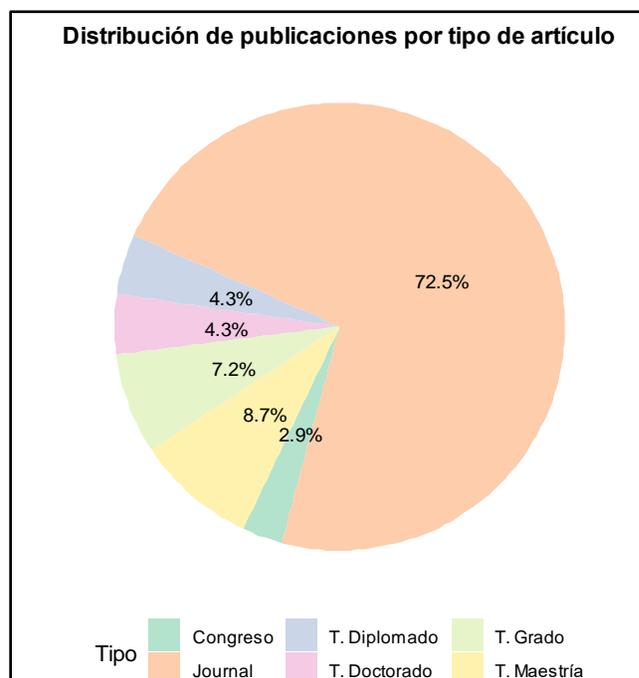


Figura 7. Distribución de publicaciones por tipo de artículo

Q5: ¿Cuál ha sido el impacto de las publicaciones realizadas en Latinoamérica sobre la digitalización de imágenes de las muestras de laboratorio?

El impacto de las publicaciones que han sido utilizadas para este estudio se lo puede medir de acuerdo con el número de citas que tiene cada uno de los artículos, mientras mayor cantidad de citas tenga una publicación quiere decir que ese estudio tiene mayor grado de aporte para la comunidad científica, sin embargo, también existen publicaciones que no han sido referidas por otros artículos académicos o publicaciones tal como se puede observar en la Figura 8.

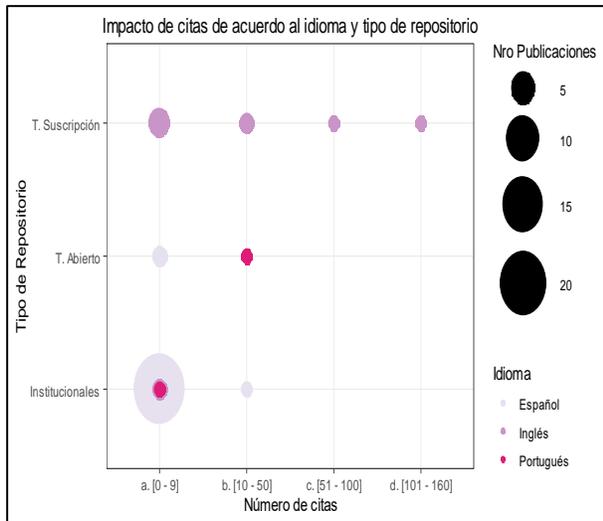


Figura 8. Impacto de las publicaciones en base al número de citas

La calidad de los artículos de investigación se mide en base a un conjunto de criterios o métricas que permiten determinar qué tan relevante es la publicación para otros investigadores científicos. En este caso se puede observar que documentos citados en un rango de 0 a 9 citas conforman el 85.5% de las investigaciones, de las cuales el 54.2% son publicaciones que no han sido citadas en algún otro lugar y el 45.80% es probable a que su contenido no sea de gran interés o al ser publicaciones en su mayoría en idioma español no tienen mayor relevancia como las de idioma en inglés.

Las publicaciones que se encuentran citadas en un rango entre 10 a 50 empiezan a ser de interés en otros temas de investigación para sistemas con uso de patrones de microscopía virtual implementadas en Colombia, así como también la mejora en los diagnósticos histopatológicos de pediatría en Brasil y un sistema de telemedicina en Panamá.

Finalmente, las publicaciones citadas en el rango mayor a 50 son artículos de investigación con un gran aporte a la comunidad científica, puesto que brindan una gran concentración de conocimiento que es de interés para otros investigadores, no sólo por ser publicaciones en idioma inglés indexadas

en Pubmed sino porque también el contenido de los documentos abarca una amplia información acerca de la historia de la telepatología y el uso de imágenes digitales para una plataforma de teleconsulta.

Como parte de los resultados se ha empleado métodos de minería de texto, utilizando una base de datos de 69 artículos, se puede ver en la Figura 9 se ha creado una nube de palabras para la visualización de los datos de texto correspondientes a todas las palabras claves más utilizadas contenidas en los artículos seleccionados para el estudio.

Esto permite un mejor entendimiento y visualmente es mucho más atractivo. Podemos ver que las investigaciones realizadas en imágenes digitales tienen un impacto en las áreas de telemedicina, patología, microscopía, cytology además un gran enfoque hacia el estudio de las causas que generan el cáncer como una de las enfermedades que más muertes en el mundo está causando. La gran mayoría de publicaciones se encuentran escritas en idioma español e inglés y una cantidad mínima en portugués, el procesamiento de imágenes digitales es una de las técnicas que gracias al uso de la tecnología han permitido el desarrollo de múltiples áreas del campo de la medicina.



Figura 9. Nube de palabras correspondientes a las palabras clave de los artículos.

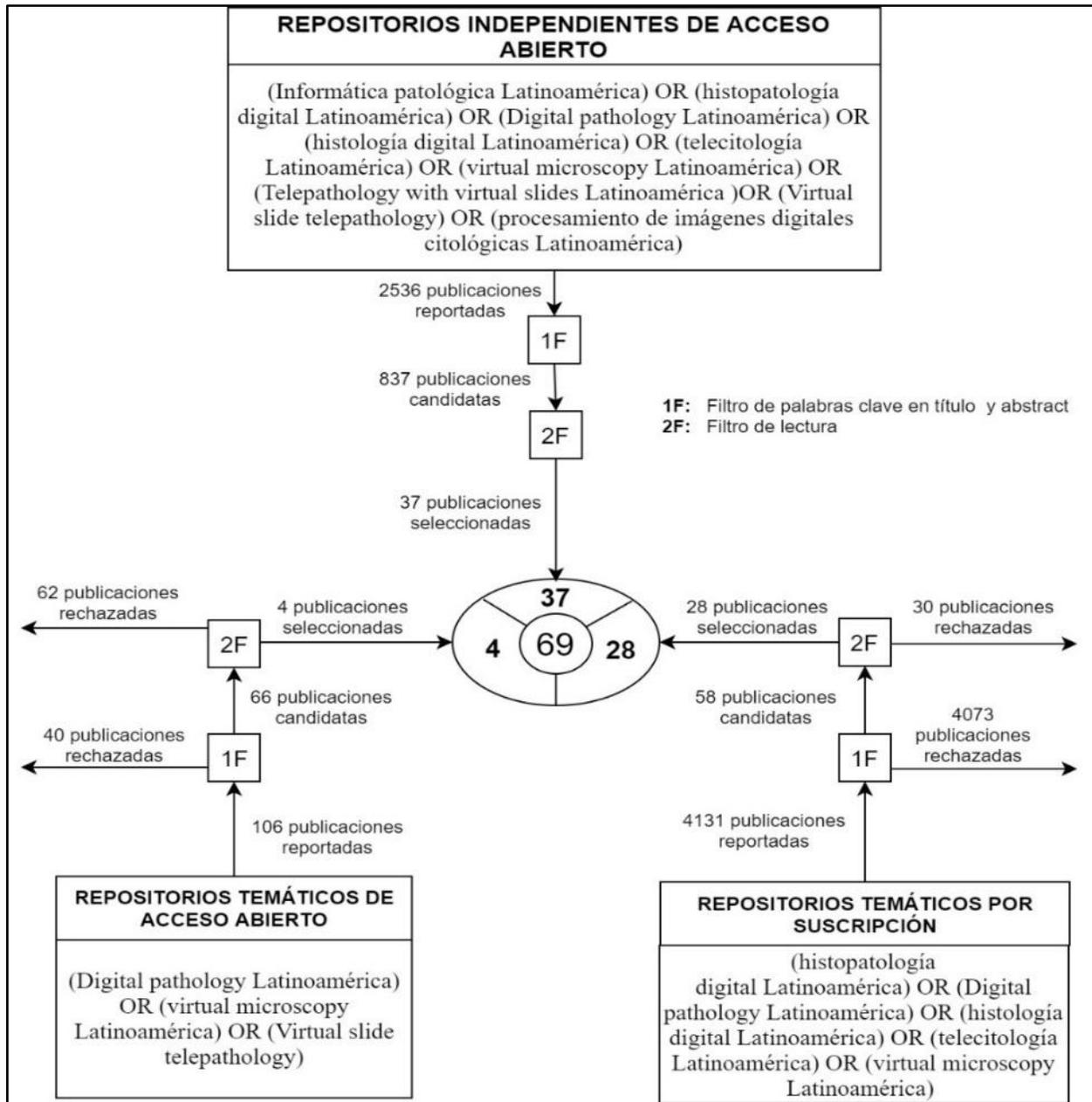


Figura 10. Gráfico de búsqueda de estudios primarios

Cabe destacar que en Latinoamérica las implementaciones que se han venido dando en los últimos años son muy significativas para el desarrollo e implementación de sistemas en telepatología, en la actualidad países como Colombia poseen repositorios de imágenes histopatológicas a disposición de médicos patólogos de diferentes partes del mundo, este

tipo de colaboración es un gran avance en la rapidez del diagnóstico médico, por su parte en Argentina, Perú, Chile han implementado sistemas de telepatología con el uso de imágenes digitales para detectar el cáncer de cuello uterino en etapas tempranas y poder determinar un diagnóstico adecuado para la anomalía.

Es importante señalar que el uso de imágenes digitales en Latinoamérica ha permitido el desarrollo de las destrezas en estudiantes de medicina, brindándoles herramientas para reforzar conocimientos y a su vez mantenerse en constante aprendizaje.

En el gráfico de la Figura 11, se puede observar los trabajos relevantes que se han recopilado en esta investigación en base a la última década correspondiente a los años a partir del 2009 y 2019, se ha colocado el número de referencia seguido de la cantidad de citas que ha tenido el artículo.

De los 69 artículos obtenidos se seleccionaron aquellos artículos mayores o iguales a 3 citas obteniendo un total de 28 documentos correspondientes al 40.58%, cabe mencionar que todos estos documentos son tipo Journal a excepción de uno que es una tesis de maestría, en este conjunto podemos dividir aquellos documentos que tienen DOI (Digital Object Identifier) el cual permite identificar que estos trabajos han sido valorados con anterioridad usando el método de revisión por pares, en donde un grupo de expertos evalúan la calidad, consistencia y confiabilidad del contenido de un documento.

Este identificador permite un fácil acceso a los artículos académicos y sobre todo aumenta la fiabilidad de estos, haciendo que su interés sea mucho mayor hacia la comunidad científica.

Por otro lado, aquellos artículos que no poseen DOI también son relevantes para el estudio de acuerdo a la gran cantidad de veces que han sido citados por otros investigadores, a pesar de no tener un DOI, son parte de revistas de investigación científica a los cuales se los puede acceder de acuerdo al indicador ISSN.

En base al análisis realizado se pudo determinar los 10 principales investigadores en el tema tomando en cuenta el índice h, esta métrica permite medir la distribución de citas que han recibido los trabajos científicos de un investigador.

Tabla 1: Tabla de principales investigadores en el tema.

Autor	Año	H	Universidad
Romero Eduardo [30][46][27][14][65][25][24]	2019	26	Universidad Nacional de Colombia
Sierra et al. [45]	2011	26	CIESAS (Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social)
Velasco et al. [40]	2012	26	Universidad de las Palmas de Gran Canaria
Arias-Stella Castillo, Javier [42]	2009	24	Universidad Autónoma de Chapingo
Von Wangenheim et al. [13][59]	2019	20	Universidad Federal de Santa Catarina
John et al. [56]	2014	13	Computer Science PhD
Mejia et al [55]	2016	13	Universidad Militar Nueva Granada
Lorenzo Ginori [45][5]	2014	12	Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Pereira et al. [44]	2011	12	Universidad Federal de Pernambuco
Corredor et al. [14][65]	2019	6	Case Western Reserve University

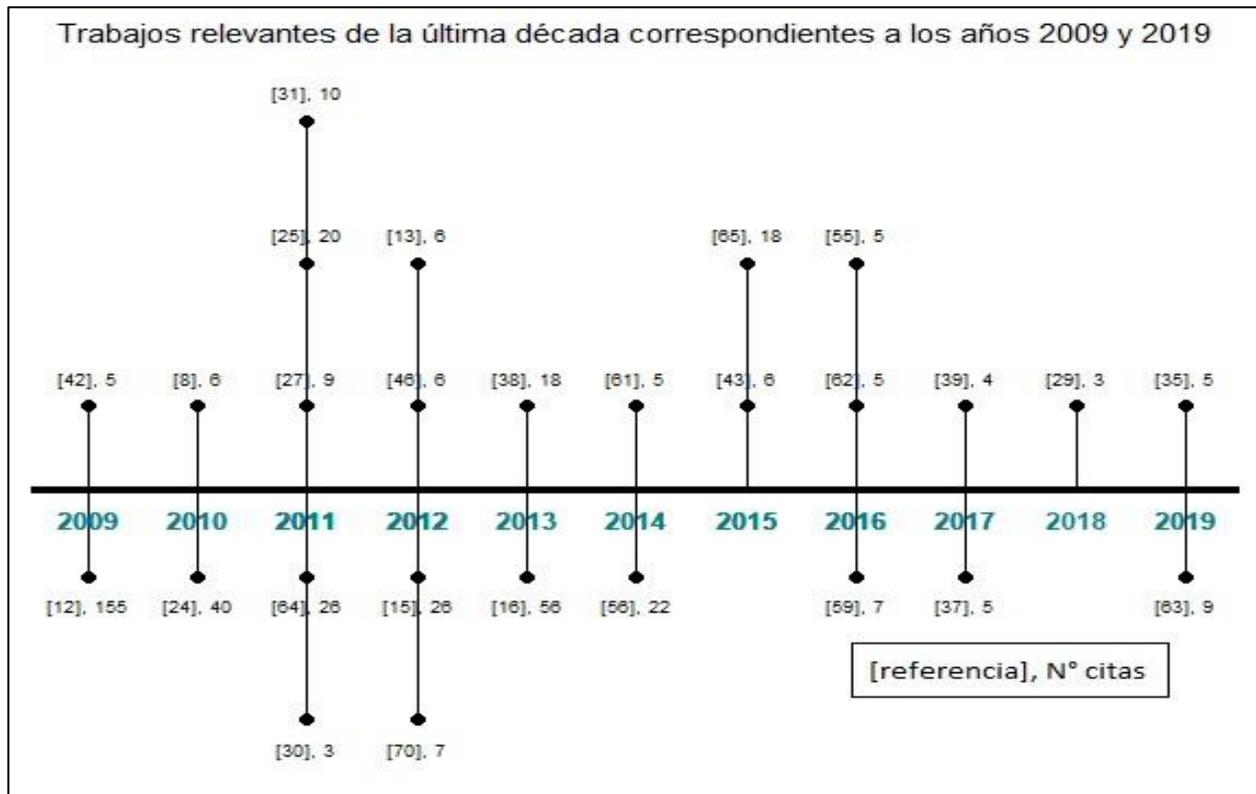


Figura 11. Trabajos relevantes de la última década correspondientes a los años a partir del 2009 y 2019, con respecto a N° de citas

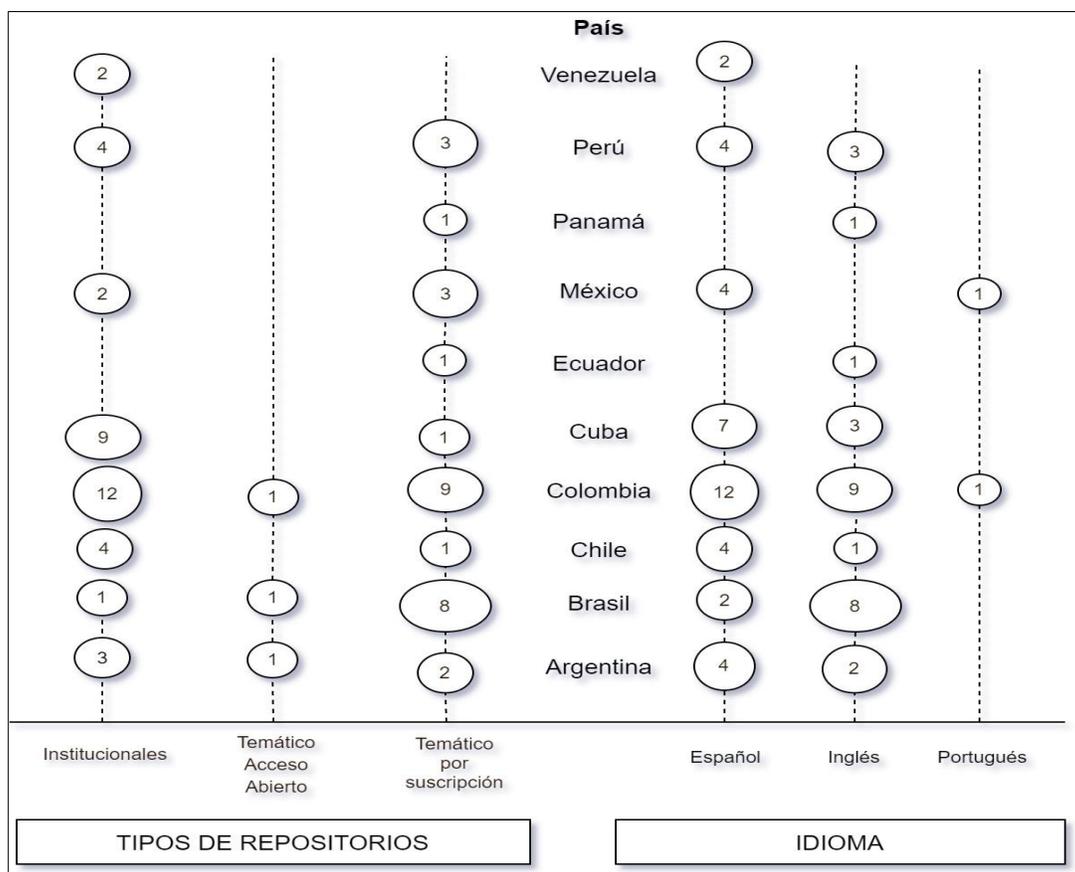


Figura 12. Gráfico de burbuja Mapeo Sistemático

5. Conclusiones y Prospectivas

Se ha realizado un estudio de mapeo sistemático acerca de la digitalización de muestras de laboratorio histopatológicas mediante el uso de la telepatología. Respondiendo a los cuestionamientos planteados en base al análisis de la literatura realizado en este trabajo, se obtuvieron 69 publicaciones distribuidas en 10 países que conforman en 47.6% de los 21 países de Latinoamérica, esto quiere decir que el impacto para investigaciones en el área de telepatología aún es bajo dado que del 52.4% restante de países no se ha podido tener evidencia relacionada a estudios teóricos o implementaciones del procesamiento digital de imágenes histopatológicas, los países con mayor contribución de publicaciones son Colombia con un 31.88 %, Cuba 14.49 %, Perú 10.14 % y Brasil 14.49 %, sus aportes han permitido establecer programas de educación continua con el fin de mejorar el análisis médico por parte de los patólogos.

En repositorios como Pubmed y Dspace se encuentran un total de 30 investigaciones correspondiente al 43,5% que concentran el mayor número de artículos acerca del procesamiento digital de imágenes de muestras histopatológicas y su aplicación para la detección de enfermedades relacionadas al cáncer de cuello uterino, por su parte la documentación que más sobresale en los repositorios de búsqueda son de tipo Journals y tesis de grado.

Cabe mencionar que la mayoría de las publicaciones encontradas en este estudio corresponden al 56,5% en idioma español, aunque un 40,6% de publicaciones corresponden a un porcentaje importante en idioma inglés, siendo estas últimas las más citadas en un rango entre 18 y 155 citas.

En 10 años el tema de procesamiento digital de imágenes en Latinoamérica aún no ha evolucionado a gran escala como países

Europeos pues las investigaciones en el área de telepatología aún es limitada debido a la falta de recursos físicos, humanos o financieros.

Mientras los países desarrollados cuentan con infraestructura de alta calidad en telecomunicaciones facilitando así el uso de la telemedicina con redes de altas prestaciones y gran velocidad para la manipulación de datos, en países aun en vías de desarrollo los avances en telemedicina son escasos y más aún cuando las redes de telecomunicaciones no son apropiadas para ser usados en el sector de salud.

Se espera que este estudio sirva como base para futuros trabajos e implementaciones que ayuden a mejorar el diagnóstico del paciente con tiempos de respuesta rápidos mediante el uso de imágenes digitales histopatológicas en sistemas informáticos para los diferentes centros de salud y hospitales con la introducción de la telepatología.

6. Referencias

- [1] C. L. Hitchcock, "The future of telepathology for the developing world," in *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, Feb. 2011, vol. 135, no. 2, pp. 211–214, doi: 10.1043/1543-2165-135.2.211.
- [2] M. G. Rojo, "Normalización e interoperabilidad en Telepatología | Latin American Journal of Telehealth." <http://150.164.90.7/revista/index.php/rlat/article/view/115> (accessed Aug. 09, 2020).
- [3] S. Katherine Osorio Ortega, "Aproximación al uso de interfaz gráfica en la operatividad de agentes inteligentes con imágenes médicas Resumen Approaching the use of graphical interface in the operation of intelligent agents with medical images." Accessed: Aug. 14, 2020. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0001-6768-1873>.
- [4] D. C. Wilbur, "Digital cytology: Current state of the art and prospects for the future," *Acta Cytologica*, vol. 55, no. 3. S. Karger AG, pp. 227–238, 2011, doi: 10.1159/000324734.
- [5] J. V. Lorenzo-Ginori, "Digital Image Processing in Cell Imaging: A Review on Research Developments," 2014, Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/277246844>.
- [6] J. Pinco, R. A. Goulart, C. N. Otis, J. Garb, and L. Pantanowitz, "Impact of digital image manipulation in cytology," *Arch. Pathol. Lab. Med.*, vol. 133, no. 1, pp. 57–61, Jan. 2009, doi: 10.1043/1543-2165-133.1.57.
- [7] M. García Rojo, "Revista de la AITT. Número 2. 1 de febrero," 2015, Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <http://revista.teleiberoamerica.com/>.
- [8] R. E. Ávila, L. A. I. Alemany, M. E. Samar, L. B. Buzzetti, G. Juri, and H. O. Juri, "Ampliaciones de una Mediateca Digital de Muestras de Laboratorio Histopatológico," *Int. J. Morphol.*, vol.

- 28, no. 3, pp. 875–878, Sep. 2010, doi: 10.4067/s0717-95022010000300034.
- [9] R. E. Avila et al., “Producción de materiales virtuales en la educación médica de grado a distancia: proyecto PIIMEG (Proyecto de Innovación e Investigación para el mejoramiento de la Enseñanza de Grado),” *Iniciación a la Investig.* ISSN-e 1988-415X, No. 5, 2010, no. 5, p. 5, 2010, Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5404817&info=resumen&idioma=SPA>.
- [10] A. V. Mancino et al., “Virtual Microscopy Large Slide Automated Acquisition: Error Analysis and Validation,” *Stud. Health Technol. Inform.*, vol. 216, pp. 672–6, Jan. 2015, Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26262136>.
- [11] M. S. Carlos A. Centeno, Javier A. Voos, Eduardo A. Gonzalez, Victor H. Trasobares, Fernando J. Cagnolo, Carlos E. Olmos, “Procesamiento de Imágenes Digitales para Determinar Infiltrado Inflamatorio en Tejido Infectado con Chagas,” 2017, Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: https://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/gic/trabajos/SABI_2017_paper_14.pdf.
- [12] D. C. Wilbur et al., “Whole-slide imaging digital pathology as a platform for teleconsultation: A pilot study using paired subspecialist correlations,” *Arch. Pathol. Lab. Med.*, vol. 133, no. 12, pp. 1949–1953, Dec. 2009, doi: 10.1043/1543-2165-133.12.1949.
- [13] L. F. Nobre and A. von Wangenheim, “Development and implementation of a statewide telemedicine/telehealth system in the state of Santa Catarina, Brazil,” in *Technology Enabled Knowledge Translation for eHealth: Principles and Practice*, Springer New York, 2012, pp. 379–400.
- [14] D. Díaz, G. Corredor, E. Romero, and A. Cruz-Roa, “A web-based telepathology framework for collaborative work of pathologists to support teaching and research in latin america,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Sep. 2019, vol. 11379, pp. 105–112, doi: 10.1007/978-3-030-13835-6_12.
- [15] T. C. Santiago et al., “Improving the histopathologic diagnosis of pediatric malignancies in a low-resource setting by combining focused training and telepathology strategies,” *Pediatr. Blood Cancer*, vol. 59, no. 2, pp. 221–225, Aug. 2012, doi: 10.1002/pbc.24071.
- [16] S. Park et al., “The history of pathology informatics: A global perspective,” *J. Pathol. Inform.*, vol. 4, no. 1, p. 7, 2013, doi: 10.4103/2153-3539.112689.
- [17] R. Adrian and S. Franco, “Optimización de descriptores usados en los cambios asociados a la malignidad en imágenes digitales de células cervicales: Otimizeção de descritores usados nos estudos de cambios associadas à malignidade em imagens digitais de células cervicais,” [s.n.], 2019. Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-2653-9835>.
- [18] C. Tonet, “A telecitología na rotina do rastreamento do câncer do colo uterino The telecithology in the routine of cervical cancer screening,” vol. 51, no. 3, pp. 178–84, 2019, doi: 10.21877/2448-3877.201900846.
- [19] P. Zoroquiain et al., “Diagnosing Pathological Prognostic Factors in Retinoblastoma: Correlation between Traditional Microscopy and Digital Slides,” *Ocul. Oncol. Pathol.*, vol. 1, no. 4, pp. 259–265, May 2015, doi: 10.1159/000381155.
- [20] J. V. Lopez Cayo, “Diseño de un proceso de validación de patología digital en cáncer de mama,” Universidad de Chile, 2017.
- [21] S. P. Fernández Frez, “Implementación de Sistema de Trazabilidad para aportar a la eficiencia en Anatomía Patológica Digital,” Universidad de Chile, 2017.
- [22] J. P. Peña González, “Sistema de Procesamiento Digital de Imágenes para la detección precoz del Cáncer Cérvico Uterino,” Universidad Técnica Federico Santa María, 2018.
- [23] J. León Enciso and N. Rodríguez, “Telecitología cervicovaginal estática para la confirmación de diagnósticos positivos de malignidad prueba piloto de la brigada como modelo de apropiación,” *Rev. Repert. Med. y Cirugía*, vol. 21, no. 3, pp. 200–205, Sep. 2012, doi: 10.31260/repertmedcir.v21.n3.2012.817.
- [24] L. Roa-Peña, F. Gómez, and E. Romero, “An experimental study of pathologist’s navigation patterns in virtual microscopy,” *Diagn. Pathol.*, vol. 5, no. 1, p. 71, Nov. 2010, doi: 10.1186/1746-1596-5-71.
- [25] D. Romo, E. Romero, and F. González, “Learning regions of interest from low level maps in virtual microscopy,” *Diagn. Pathol.*, vol. 6, no. SUPPL. 1, p. S22, Mar. 2011, doi: 10.1186/1746-1596-6-S1-S22.
- [26] M. del P. Suárez Ramos, “Creación de una colección de imágenes de patología del cuello uterino para la Red RENATA / Assembly of a Cervical Pathology Image collection for the RENATA network,” Universidad Nacional de Colombia, 2011.
- [27] F. Gómez, D. Marín, and E. Romero, “A soft-cache strategy for pathologist’s navigation in virtual microscopy,” *Microsc. Res. Tech.*, vol. 74, no. 5, pp. 401–414, May 2011, doi: 10.1002/jemt.20923.
- [28] I. Lina Garcés, V. Martínez, H. Gualdrón, and A. Mendoza, “TELECYTOLOGY SYSTEMS AS ALTERNATIVE IN EARLY DETECTION OF CERVICAL CANCER IN COLOMBIA SISTEMAS DE TELECITOLOGÍA COMO ALTERNATIVA EN LA DETECCIÓN TEMPRANA DE CÁNCER DE CUELLO UTERINO EN COLOMBIA,” Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <http://nih.techriver.net/view.php?patientId=24>.
- [29] B. Meléndez-Álvarez, O. Robayo, V. Gil-Guillén, and M. Carratalá-Munuera, “Design and Validation of a Low-Cost Telepathology System,” *Telemed. e-Health*, vol. 23, no. 12, pp. 976–982, Dec. 2017, doi: 10.1089/tmj.2017.0030.
- [30] M. D and R. E., “[Virtual microscopy systems: analysis and perspectives],” *Biomedica*, vol. 31, no. 1, 2011, doi: 10.1590/S0120-41572011000100017.
- [31] J. Gonzalez-Barajas, “SOFTWARE TOOL FOR PROCESS AUTOMATION GENERATION DIGITAL DATA BASES FOR CLINICAL LABORATORY. Informatic Tool for Heart Rate Variability. Step 2: Implementation on Digital systems View project Digital Cardio Tacometer View project,” 2011. Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/303290221>.
- [32] R. B. Álvarez and R. B. Álvarez, “Algoritmo para el conteo de glóbulos rojos mediante procesamiento digital de imágenes,” *Theorēma (Lima, Segunda época, En línea)*, vol. 0, no. 4, pp. 035–042, Oct. 2016, Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/Theo/articula/view/12601>.
- [33] R. Bustamante Alvarez, “Diseño de un algoritmo para la automatización del conteo de células del tejido sanguíneo mediante procesamiento digital de imágenes,” Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2019.
- [34] L. E. Castellanos Beltrán, Lizeth Andrea, Bautista Roza, Lola Xiomara, Hasbon Reyes, “Sistema computacional para la detección de glóbulos rojos en imágenes microscópicas de células sanguíneas,” *Gerencia tecnológica informática*, 2012. <https://biblat.unam.mx/es/revista/gerencia-tecnologica-informatica/articulo/sistema-computacional-para-la-deteccion-de-globulos-rojos-en-imagenes-microscopicas-de-celulas-sanguineas> (accessed Aug. 09, 2020).
- [35] A. Mosquera-Zamudio, M. G. Hanna, R. Parra-Medina, A. C. Piedrahita, P. A. Rodríguez-Urrego, and L. Pantanowitz, “Advantage of Z-stacking for teleconsultation between the USA and Colombia,” *Diagn. Cytopathol.*, vol. 47, no. 1, pp. 35–40, Jan. 2019, doi: 10.1002/dc.23992.
- [36] M. Pérez Martínez, J. María Basain Valdés, M. del Carmen Valdés Alonso, O. Torano Cáceres, M. Álvarez Viltres, and L.

- Gortaza Marrero, "Enseñanza de acciones preventivas del cáncer cervicouterino en el proceso de formación del estudiante de Medicina," Escuela Latinoamericana de Medicina, 2018. Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7318082&info=resumen&idioma=SPA>.
- [37] I. E. Eraña Rojas, J. E. Pérez Saucedo, Á. Barbosa Quintana, N. de los A. Segura-Azuara, and M. V. López Cabrera, "A novel approach to learn pathology: Virtual pathology laboratory," *Educ. Medica*, vol. 18, no. 4, pp. 249–253, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.edumed.2016.08.004.
- [38] S. Vega et al., "Testing a top-down strategy for establishing a sustainable telemedicine program in a developing country: The arizona telemedicine program-u.s. army-republic of panama initiative," *Telemed. e-Health*, vol. 19, no. 10, pp. 746–753, Oct. 2013, doi: 10.1089/tmj.2013.0025.
- [39] L. Vasquez-Cevallos, J. Bobokova, E. Bautista-Valarezo, V. Davalos-Batallas, and M. E. Hernando, "Telemedicine in medical training in Ecuador," in *2017 IEEE 2nd Ecuador Technical Chapters Meeting, ETCM 2017*, Jan. 2018, vol. 2017-Janua, pp. 1–5, doi: 10.1109/ETCM.2017.8247549.
- [40] A. R. Velasco et al., "Consejo Mexicano de Médicos Anatomopatólogos: su examen de microscopía, antes y después de su digitalización ARTÍCULO ORIGINAL Correspondencia," 2012. Accessed: Aug. 11, 2020. [Online]. Available: <http://www.aperio.com/down->
- [41] J. M. Peña Aguilar, M. J. Hernández Alvarado, and P. Basurto Lozada, "Detección rápida de lesiones en el tracto genital femenino bajo, causadas por virus de papiloma humano, a través de técnicas de fluorescencia y procesamiento digital de imágenes," *Rev. Iberoam. las Ciencias la Salud RICS*, ISSN-e 2395-8057, Vol. 6, No. 11, 2017 (Ejemplar Dedic. a Enero - Junio 2017), págs. 24-36, vol. 6, no. 11, pp. 24–36, 2017, doi: 10.23913/rics.v6i11.48.
- [42] J. Arias-Stella Castillo, Javier Valdés-Gómez, T. Yance-Chávez, and J. Arias-Stella, "Primera experiencia de telepatología robótica en Perú," *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 26, no. 1, Mar. 31, 2009.
- [43] J. Oscanoa, M. Mena, and G. Kemper, "A detection method of ectocervical cell nuclei for pap test images, based on adaptive thresholds and local derivatives," *Int. J. Multimed. Ubiquitous Eng.*, vol. 10, no. 2, pp. 37–50, 2015, doi: 10.14257/ijmue.2015.10.2.04.
- [44] G. Pereira, M. Pereira, and A. Prieto, "Alteraciones morfológicas nucleares y citoplasmáticas en cambios benignos y malignos del cuello uterino evaluadas mediante procesamiento digital de imágenes," Universidad de Carabobo, 2011.
- [45] M. Sierra, F. Silva, Y. Torres, and L. Villena, "Categorización e ilustración de los seudónimos citológicos como sistema de enseñanza aprendizaje en el área ginecológica," Universidad de Carabobo, 2011.
- [46] L. H. Camargo Casallas, "Classification of squamous cell cervical cytology," Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Medicina Departamento de Imágenes Diagnósticas, 2012.
- [47] W. Curbelo Jardines, "Clasificación de imágenes de microscopía celular en la prueba de Papanicolaou por medios computacionales," Jun. 2012, Accessed: Aug. 10, 2020. [Online]. Available: <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/2628>.
- [48] J. D. López Cabrera, "Clasificación de células en la prueba de Papanicolaou empleando técnicas de visión computacional," Jun. 2013, Accessed: Aug. 13, 2020. [Online]. Available: <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/1641>.
- [49] S. Rodríguez Vázquez, "Clasificación de células cervicales en la prueba de Papanicolaou," Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 2015.
- [50] M. Oscanoa Aida, Julio Alberto; Mena Moretti, "Desarrollo de un aplicativo de software, con acceso remoto vía web, orientado a mejorar la calidad del diagnóstico de las pruebas de Papanicolaou, utilizando algoritmos computacionales de procesamiento digital de imágenes," Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2016.
- [51] Y. Lugo Vaillant, "Estudio de métodos para la segmentación de imágenes a color de células en citología bronquial y serosa," Jun. 2015, Accessed: Aug. 10, 2020. [Online]. Available: <http://dSPACE.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/3911>.
- [52] S. Rodríguez-Vázquez, "Support to the diagnosis of the pap test, using computer algorithms of digital image processing," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Oct. 2017, vol. 10061 LNAI, pp. 425–436, doi: 10.1007/978-3-319-62434-1_35.
- [53] A. Hernández Valdés, "Evaluación de métodos no supervisados de calidad de segmentaciones en imágenes de la prueba de Papanicolaou," Jun. 2014, Accessed: Aug. 10, 2020. [Online]. Available: <http://dSPACE.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/11256>.
- [54] L. M. Hernandez and H. G. Cardenas, "Análisis Y Procesamiento De Imagenes Digitales Microscopicas De Una Biopsia Como Apoyo En El Diagnostico De La Angiogenesis.," Universidad Industrial de Santander, 2011.
- [55] M. Mejía, F. Alzate, and J. Rodríguez V, "Clasificación automática de glóbulos rojos en frotis de sangre periférica - Dialnet," *Rev Univ Ind Santander Salud*, pp. 311–319, 2016.
- [56] A. John, A. Cruz-Roa, and F. A. González O, "HISTOPATHOLOGY IMAGE REPRESENTATION FOR AUTOMATIC ANALYSIS: A STATE-OF-THE-ART REVIEW," *Rev. Med*, vol. 22, no. 2, pp. 79–91, 2014, Accessed: Aug. 10, 2020. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-52562014000200009&script=sci_arttext&tlng=en.
- [57] G. Stauch and C. Muenzenmayer, "Pattern recognition in telepathology," *Pathology*, vol. 46, p. S6, Jan. 2014, doi: 10.1097/01.pat.0000454065.31149.84.
- [58] R. Gutiérrez, F. Gómez, L. Roa-Peña, and E. Romero, "A supervised visual model for finding regions of interest in basal cell carcinoma images," *Diagn. Pathol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–14, Mar. 2011, doi: 10.1186/1746-1596-6-26.
- [59] E. Beckhauser, V. A. Petrolini, A. Savaris, J. M. Alves, and A. V. Von Wangenheim, "Are single-board computers an option for a low-cost multimodal telemedicine platform?: First tests in the context of Santa Catarina state integrated telemedicine and telehealth system," in *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*, Aug. 2016, vol. 2016-Augus, pp. 163–168, doi: 10.1109/CBMS.2016.57.
- [60] P. Emanuel, R. Patel, S. Liu, M. Goldberg, E. Romero Sandoval, and M. Izzard, "Use of dynamic telepathology utilizing a smartphone in margin control cutaneous surgery," *ANZ J. Surg.*, vol. 89, no. 7–8, pp. 982–983, Jul. 2019, doi: 10.1111/ans.15318.
- [61] H. A. Colmenares Gualdrón, L. X. Bautista Roza, M. F. Romero Rondón, and L. M. Sanabria Rosas, "Estudio y desarrollo de una técnica de telemicroscopía aplicable en las zonas rurales de Colombia," *En R, Llamasa Villalba (Ed.). Revista Gerencia Tecnológica Informática*, pp. 69–79, 2014.
- [62] I. Prieto-Egido, A. González-Escalada, V. García-Giganto, and A. Martínez-Fernández, "Design of New Procedures for Diagnosing Prevalent Diseases Using a Low-Cost Telemicroscopy System," *Telemed. e-Health*, vol. 22, no. 11, pp. 952–959, Nov. 2016, doi: 10.1089/tmj.2015.0208.
- [63] A. L. D. Araújo et al., "The performance of digital microscopy for primary diagnosis in human pathology: a systematic review," *Virchows Archiv*, vol. 474, no. 3, Springer Verlag, pp. 269–287, Mar. 11, 2019, doi: 10.1007/s00428-018-02519-z.
- [64] E. A. Cáceres-méndez, S. M. Castro-díaz, C. Gómez-restrepo, and J. Carlos Puyana, "Telemedicina: historia, aplicaciones y nuevas herramientas en el aprendizaje," 2011.
- [65] G. Corredor, E. Romero, and M. Iregui, "An adaptable navigation strategy for Virtual Microscopy from mobile platforms," *J.*

- Biomed. Inform.*, vol. 54, pp. 39–49, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.jbi.2015.01.013.
- [66] F. G. Navarro, * Fernando, G. Navarro, I. Nacional, C. Médicas, and N. S. Zubirán, “Dinámica hospitalaria y organizacional de los institutos nacionales de salud. Relación con los hospitales de alta especialidad,” 2011.
- [67] M. P. Martha Julia, V. C. Ana María, S. P. Nitz Julia, P. P. Jenny María, and R. G. Oneida, “Sistema para la superación posgraduada para patólogos sobre morfometría. Holguín. 2016.,” *VI Jorn. Científica la Soc. Cuba. Educ. en Ciencias la Salud.*, 2017, Accessed: Aug. 14, 2020. [Online]. Available: <http://soecsholguin2017.sld.cu/index.php/soecsholguin/2017/paper/view/167/118>.
- [68] I. Eraña, Á. Barbosa, L. E. Cuervo P., J. E. Pérez S., and J. P. Nigenda, “Laboratorio virtual de patología,” 2013. Accessed: Aug. 13, 2020. [Online]. Available: https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/621337/ Accesoabierto_LaboratorioVirtualdePatología.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [69] C. Figueroacarofigueroasm, E. Díaz eudiaz, C. Bosco cbosco, R. Rojas, A. García ale, and S. Hartel shartel, “Microscopia Virtual: Tecnología al Servicio de la Enseñanza de la Histología/Embriología en Cursos de Ciencias de la Salud.”
- [70] M. I. Amud Ordóñez, “Elaboración de una propuesta de enseñanza-aprendizaje de los fundamentos de la microscopía óptica mediante el uso de la NTIC haciendo énfasis en el procesamiento y análisis digital de las imágenes,” Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- [71] D. Carrizo and J. Rojas, “Methodologies, techniques and tools in requirements engineering: A systematic mapping,” *Ingeniare*, vol. 26, no. 3, pp. 473–485, 2018, doi: 10.4067/S0718-33052018000300473.
- [72] C. R. Echeverría and M. Alejandro, “Revista e-Ciencias de la Información,” vol. 4, pp. 1–12, 2014, Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476847246009>.
- [73] C. J. U. P. Víctor Eduardo Martínez Abaunza, Alfonso Mendoza Castellanos, “Modelo computacional para caracterización de células escamosas de citologías cérvico-uterinas - Dialnet,” *Revista Colombiana de Biotecnología*, 2005. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2351579> (accessed Aug. 09, 2020).