



MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA. NUEVOS AVANCES

Autores: Yanier, Espinosa Goire¹, Luis Manuel, Abreu Pereira², José Manuel, Padilla González.³

¹Estudiante de segundo año de la Carrera de Medicina. Universidad de Ciencias Médicas Guantánamo. Facultad de Ciencias Médicas Guantánamo, Cuba. Alumno ayudante en la especialidad de Medicina Interna. Autor Principal. ID: <https://orcid.org/0000-0003-1026-7932>. Correo: yanier@gmail.com. Móvil: 59798062

²Estudiante de tercer Año de la carrera de Medicina. Universidad de Ciencias Médicas Mayabeque. Facultad de Ciencias Médicas Mayabeque. Cuba. Alumno Ayudante en la especialidad de Medicina Interna. ID: <https://orcid.org/0000-0001-5901-2688>. Correo: luismanuela99@gmail.com Móvil: 55423919

³Estudiante de segundo año de la carrera de Medicina. Alumno Ayudante en la especialidad de Endocrinología. Universidad de Ciencias Médicas de Guantánamo. Facultad de Ciencias Médicas de Guantánamo, Cuba. ID: <https://orcid.org/0000-0001-8781-2885> Correo: josem.pg@nauta.cu Móvil: 55941433.

RESUMEN

Introducción: la morfometría geométrica es una herramienta que permite abstraer la forma de los organismos mediante el uso de "marcas o puntos", donde la información sobre el tamaño, la posición y la orientación se ajustan para obtener la información de la "forma" en un contexto matemáticamente analizable. El análisis morfométrico por marcas fue concebido por Bookstein en 1991. **Objetivo:** describir los nuevos avances de la morfometría geométrica.

Material y métodos: se realizó una revisión bibliográfica, de 47 referencias entre enero y febrero del año 2022, acotadas por las normas Vancouver y avaladas por la Organización Mundial de la Salud. Se consultaron libros de Matemática, Histología y Fisiología. **Desarrollo:** entre las aplicaciones de la morfometría geométrica se encuentran: alometría, morfología funcional, heterocronía, plasticidad fenotípica, asimetría, modularidad y genética cuantitativa. Los estudios de morfometría geométrica requieren de programas especializados, no para analizar los datos sino, para representar los resultados gráficamente. Es una fusión entre la Geometría y la Biología. Es un medio útil en el diagnóstico de enfermedades en las ciencias médicas como Histología,



Bioquímica, Anatomía, Fisiología y Oncología. **Conclusiones:** la morfometría geométrica tiene un desarrollo ascendente. La ardua labor desempeñada por el personal de ciencias morfológicas en la búsqueda de información y nuevos conocimientos permite continuar con las vinculaciones básico-clínicas y clínico-básico, lo cual tributa también a la formación de los estudiantes del Pregrado, y además sirve de apoyo para los estudios de los residentes de ciencias afines.

Palabras claves

Biología; Ciencias matemáticas; Estudios morfométricos; Geometría; Morfometría geométrica.

INTRODUCCIÓN

Morfometría (del griego μορφή "morphé", que significa "forma" o "figura", y μετρία "metría", que significa "medición") se refiere al análisis cuantitativo de la forma, un concepto que abarca el tamaño y la forma. Los análisis morfométricos se realizan comúnmente en los organismos y son útiles en el análisis del registro fósil, así como en el impacto de algunas mutaciones sobre la forma, cambios en los procesos del desarrollo, covarianzas entre los factores ambientales y la forma, igualmente para estimar los parámetros genético-cuantitativos de la forma. La morfometría se puede utilizar para cuantificar un carácter de significancia evolutiva, y para detectar los cambios en la forma, deducir algo sobre la ontogenia de los organismos, función o relaciones evolutivas. Uno de los objetivos principales de la morfometría es probar estadísticamente las hipótesis sobre los factores que afectan la forma.⁽¹⁾

La morfometría clásica produce imágenes o descripciones detalladas en donde las analogías figuran prominentemente (formas parecidas a círculos, elipses, triángulos, etcétera). Como resultado, la morfometría ha sido vista cercana a la estadística o al álgebra más que a la morfología, y en cierto sentido esa percepción es correcta: la morfometría es una rama del análisis matemático de la forma. Tradicionalmente los datos morfométricos han incluido medidas de longitud, profundidad y amplitud. Las mediciones lineales representan mayoritariamente el tamaño más que la forma. Cada longitud es la magnitud de una dimensión, una medida del tamaño y no necesariamente incluye información geométrica de la forma.⁽²⁾

Cuando todas las limitaciones de la morfometría tradicional son consideradas, es evidente que podrían existir numerosas mediciones, pero poca información sobre la forma (Atchley y Anderson, 1978; Hills, 1978; Dodson, 1978). En respuesta a estas críticas sobre la morfometría tradicional surgió lo que se conoce como morfometría geométrica.⁽³⁾

La morfometría geométrica es una herramienta que permite abstraer la forma de los organismos mediante el uso de "marcas o puntos", donde la información sobre el tamaño, la posición y la orientación se ajustan para obtener la información de la "forma" en un contexto matemáticamente analizable. El análisis morfométrico por marcas fue concebido por Bookstein en 1991.⁽⁴⁾



El rápido progreso en la morfometría geométrica ha dado como resultado en gran medida el tener una teoría matemática coherente de la forma, lo que requiere la articulación de una definición precisa del concepto. Por lo tanto, es importante entender el concepto subyacente de la forma en la morfometría geométrica, y también, porque el concepto de tamaño está tan estrechamente relacionado con él concepto de forma. No podemos comprender plenamente el uno sin la comprensión del otro y también cómo se relacionan entre sí.⁽⁴⁾

Las razones anteriores son la base de la comprensión de la morfometría geométrica. A partir de dichos contenidos se comprende el amplio espectro de la morfometría. La presente investigación tiene una gran importancia para los futuros profesionales que deseen conocer a fondo los avances y nuevas actualizaciones concernientes al tema en cuestión.

Por lo anterior expuesto se plantea como **PROBLEMA CIENTÍFICO:** ¿ Cuáles son los avances de la morfometría geométrica?

OBJETIVO: describir los nuevos avances de la morfometría geométrica.

MATERIAL Y MÉTODOS

De un total de 70 bibliografías consultadas, se realizó una revisión bibliográfica, de 47 referencias entre enero y febrero del año 2022, acotadas por las normas Vancouver y avaladas por la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud (OMS-OPS), como la revista Scielo (dentro de esta la Revista Cubana de Medicina) y revistas encontradas en el portal Infomed, como la revista cubana de Histología, entre otras, para lo cual se tomaron como fundamentos algunos artículos publicados hasta el 2022. Se revisaron varias fuentes primarias digitales de información, entre ellas las bases de datos médicas, incluidas en la Red Telemática de Salud en Cuba. A través del gestor de búsqueda Google Académico en idioma español e inglés y empleando los Descriptores en Ciencias de Salud, se consultaron varios libros de Matemática, Histología y Fisiología. Fueron utilizadas fuentes documentales secundarias, tales como artículos publicados en revistas médicas cubanas, por la American Thoracic Society/European Society. Como fuentes terciarias se revisaron libros de Medicina Tropical y Microbiología. Las referencias bibliográficas fueron citadas hasta el 15 de febrero del 2022. Para la redacción del informe como tipo de letra se empleó el tipo de letra Verdana 11, interlineado 1.5 y alineación justificada.

DESARROLLO

Forma

En la morfometría geométrica, la forma es definida como "toda la información geométrica que permanece cuando la ubicación, escala y los efectos de rotación se



filtran de un objeto” (Kendall, 1977). En otras palabras la forma se define técnicamente como todas las características geométricas de un objeto a excepción de su tamaño, posición y orientación.⁽⁵⁾

Tamaño

El tamaño centroide es la medida del tamaño que es matemáticamente independiente de la forma. Empíricamente, el tamaño centroide puede correlacionarse con la forma porque los organismos más grandes tienen configuraciones generalmente distintas a comparación de los organismos pequeños.⁽⁶⁾

La visualización de los cambios de la forma es el corazón mismo de la morfometría geométrica. Una ventaja de la morfometría geométrica es que las diferencias de la forma pueden ser visualizadas directamente como ilustraciones o animaciones computacionales. De hecho, es esta facilidad de visualización en comparación con la morfometría tradicional parte de las razones por las que la morfometría geométrica se ha establecido como disciplina (Rohlf and Marcus 1993).⁽⁷⁾

La visualización en morfometría geométrica está basada principalmente en dos principios: la visualización de los cambios en la forma mostrando los desplazamientos relativos de marcas en diferentes formas, y la visualización mostrando la deformación de una gradilla, un contorno o una superficie que es interpolada entre los cambios de la forma. Los avances en gráficos han permitido producir atractivas ilustraciones de los cambios de las formas en dos o tres dimensiones bajo estos enfoques.⁽⁸⁾

Esta capacidad de extraer y comunicar información acerca de la localización espacial de variación morfológica (su magnitud, posición y extensión espacial en el organismo) es uno de los beneficios más importantes de la morfometría geométrica. Sin embargo, la morfometría geométrica no resuelve todos los problemas a los que se enfrentan los métodos tradicionales. Por ejemplo la disposición de marcas no provee información respecto a las estructuras curvas en los organismos. La solución a este problema requiere del análisis de puntos en la curva que no son marcas.⁽⁹⁾

La morfometría geométrica puede tener una limitación que no poseen los métodos tradicionales: la restricción a datos de dos dimensiones. Sin embargo, la teoría matemática desarrollada en morfometría geométrica no posee ningún obstáculo para analizar formas en tres dimensiones. Los obstáculos provienen del manejo de información en tres dimensiones: 1) el costo del equipo para obtener las coordenadas tridimensionales y 2) la dificultad de representar los resultados en un medio estático, como en páginas de una revista, artículos o algún medio impreso.⁽⁹⁾



Landmarks o marcas

Las marcas son loci anatómicos discretos que pueden ser reconocidos como el mismo loci en todas las muestras de estudio. La selección de marcas es fundamental para la interpretación de la variación de la forma. Los criterios para la selección de marcas difieren de aquellos para variables morfométricas tradicionales, por lo que algunos replanteamientos pueden ser necesarios en el momento de la selección. Existen múltiples consideraciones, incluyendo la relevancia para la comprensión de (1) la biomecánica, (2) los procesos del desarrollo, (3) la sistemática y (4) los procesos evolutivos.⁽¹⁰⁾

El término semilandmarks fue utilizado por Bookstein (1997) para referirse a una serie de puntos que se encuentran a lo largo de una curva. Un ejemplo común para el uso de semilandmarks es para dar seguimiento al contorno curvo entre dos puntos de referencia lo cual puede informar sobre la inclinación de la curva (es decir, la amplitud de su desviación de una línea recta), información que no podríamos haber deducido de las coordenadas de los puntos de referencia⁽¹⁰⁾

Hay dos maneras para la selección de semilandmarks en una curva: (A) incrementos de longitud de la curva; se colocan segmentos lineales continuos de una marca de referencia a otra. (B) incrementos de un ángulo subtendido por la curva; se colocan segmentos en distintos ángulos que permitan la cobertura del contorno.⁽¹⁰⁾

Criterios para la selección de marcas

Homología

Uno de los conceptos clave en morfometría basada en marcas es el de homología. La homología, en morfometría geométrica se ha destacado por encima de todos los criterios para la selección de las marcas, y es sin duda el criterio más importante por razones matemáticas y biológicas al momento de hacer la elección de las marcas.⁽¹¹⁾

El objetivo en la elección de marcas es permitir hacer inferencias acerca de las regiones entre ellos. El papel de las marcas es de precisar esas estructuras en puntos discretos que pueden reconocerse como el mismo punto en todos los organismos. Reconocemos homología en estructuras como estructuras porque son discretas (distintas de otras estructuras) y reconocibles en todas las muestras. Se pueden utilizar estos criterios en las intersecciones de las estructuras (como en suturas), o centros, o sus puntas (finales de las estructuras) (Bookstein, 1985).⁽¹²⁾



TPS o gradilla de deformación

Deformaciones en la forma de la hoja dentro de un mismo grupo.

Es una técnica de interpolación que fue traída a la morfometría como una aplicación flexible y matemáticamente rigurosa de las gradillas de transformación de D'Arcy Thompson (Bookstein, 1989). Es una técnica que garantiza que la correspondencia de puntos de partida y los del blanco de la forma aparezcan precisamente en la posición correspondiente en relación con la gradilla transformada y no transformada y provee la posible transformación para cualquier par de formas de partida y blanco.⁽¹³⁾

Aplicaciones y software

Muchos de los estudios sobre la evolución de la forma se han enfocado en identificar los factores que determina esta dirección. Hasta ahora algunas estudios se han enfocado en correlaciones entre tamaño y forma (alometría), correlaciones entre la forma y función (morfología funcional, eco-morfología), comparaciones de las tendencias evolutivas (estudios de paralelismo y convergencia), y descripciones cuantitativas del morfo-espacio ocupado (evolución de la diversidad morfológica).⁽¹⁴⁾

Entre las aplicaciones en las que es empleada la morfometría geométrica se encuentran: alometría, morfología funcional, heterocronía, plasticidad fenotípica, asimetría, modularidad y genética cuantitativa.⁽¹⁵⁾

Los estudios de morfometría geométrica requieren de programas especializados, no para analizar los datos sino, para representar los resultados gráficamente. Afortunadamente los programas necesarios son de fácil y libre acceso. Los paquetes para realizar morfometría se ejecutan bajo distintas plataformas ([Microsoft](#), [Mac](#), [Linux](#)). Actualmente existen diversas fuentes de software gratuito. En estas páginas se encuentran distintos recursos valiosos, incluyendo información sobre reuniones, cursos, y un directorio de personas interesadas en morfometría: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>, <http://www3.canisius.edu/~sheets/>, <https://web.archive.org/web/20150221105045/http://www.morphometrics.org/home/morphmet>, <http://morfometriageometrica.blogspot.mx/>, <https://web.archive.org/web/20150328222548/http://www.flywings.org.uk/>, <https://web.archive.org/web/20150423014209/http://www.chitwoodlab.org/>.⁽¹⁵⁾

Otras aplicaciones

La aplicación de la morfometría no se limita a usos biológicos. También se puede aplicar a un terreno en forma de geomorfología. También cuenta con una serie de otras aplicaciones.^(16, 17)



La MG permite el estudio de la forma, definida como las propiedades geométricas restantes tras remover los efectos de la escala, la rotación y la traslación de un objeto (Adams & Funk; Rohlf et al., 1996; Rohlf & Slice, 1990). Una técnica dentro de estos métodos de evaluación de la forma, es la búsqueda de componentes no-uniforme del cambio de la forma (Thin Plate Spline), la cual representaría todos los movimientos de los hitos, es decir, las variaciones locales y no lineales, indicando por tanto los cambios producidos en sectores puntuales de la forma. Por lo tanto, la MG ofrecería una mejor interpretación biológica y constituiría una herramienta gráfica para la visualización y cuantificación de la variación morfológica en diferentes contextos ecológicos y evolutivos (Adams & Rohlf, 2000; Alibert et al., 2001; Benítez De La Fuente et al., 2010). Estos avances en el estudio de la morfología, contribuyeron en un aumento significativo del conocimiento en estudios taxonómicos, ecológicos, de la definición de especie frente a la dispersión geográfica y en estudios de diferenciación sexual (Alibert et al.; Bertin et al., 2002). Sin embargo, pese a la potencialidad de estas herramientas, los estudios de variación morfológica han recibido una atención moderada (Brown et al., 1992; Thomas et al., 1998; Adams et al., 2004), principalmente por la carencia de exactitud estadística en los métodos de morfometría tradicional a nivel intraespecífico. A pesar de esta carencia, varios autores han proporcionado revisiones del uso de la MG en diferentes áreas de la ciencia (Rohlf & Slice; Bookstein, 1991; Rohlf & Marcus; O'Higgins, 2000; MacLeod & Forey, 2002; Adams et al., 2004; Slice, 2007; Toro-Ibacache et al., 2010; López et al., 2012; Parés-Casanova & Martínez, 2013; Rios-Rodas et al., 2013; Klingenberg, 2013; Adams et al., 2013).⁽¹⁸⁾

La MG es el estudio de la covariación de la forma con factores geométricos subyacentes, y se utiliza para determinar la "forma pura" (Shape) en un individuo o estructura, mediante puntos discretos en el espacio y bien definidos.⁽¹⁹⁾

La MG es una herramienta útil y sencilla para evaluar similitudes y diferencias de carácter morfológico y ecológico entre individuos, grupos de una misma especie, entre especies distintas, poblaciones, entre otras. Ha incrementado su uso de forma exponencial en los últimos 10 años para responder preguntas de orden biológica en distintas áreas, en especial en biología integrativa. Así mismo, ha sufrido constantes cambios y actualizaciones en su metodología, haciendo al enfoque más preciso y capaz de resolver problemáticas cada vez más complejas.⁽²⁰⁾

La matemática es utilizada como herramienta esencial para el desarrollo de diferentes ámbitos del conocimiento, lo que ha posibilitado entender y resolver problemas con el empleo de sus métodos y procedimientos aplicables a cualquier campo del saber.⁽²¹⁾ Como ciencia aplicada ya extiende sus ramificaciones hasta la medicina. Existe un estrecho vínculo entre la matemática y las ciencias médicas. La interdisciplinariedad le permite a los especialistas en su disciplina el poder determinar los elementos esenciales para delimitar los puntos de encuentro y las



interrelaciones entre las diferentes ciencias, poseyendo una mentalidad flexible y estar dispuestos al cambio, con espíritu de cooperación.⁽²²⁾

Una importante aplicación de la matemática en la Histología, es su uso en la Morfometría. La Morfometría se ha beneficiado grandemente del desarrollo de las computadoras. Ahora es posible automatizar el proceso de toma de mediciones, la manipulación computarizada de grandes matrices de datos y los análisis multivariados con un despliegue de gráficas muy elaboradas. Todo esto no era accesible para la mayoría de los investigadores hace tan sólo 35 años.⁽²²⁾

Se han realizado estudio correlacional de las características morfométricas del núcleo celular de los epitelocitos de los túbulos renales en los diferentes tipos de carcinoma de células renales de aquellos pacientes diagnosticados con esta enfermedad.⁽²³⁾

La observación morfológica de las láminas histológicas se realizó utilizando el microscopio óptico binocular Optech con lente ocular de 10X y objetivo de 40X. Se concluyó que el carcinoma cromóforo presentó mayores valores promedio de área, perímetro y diámetros nucleares mayor y menor que el resto de los tipos histológicos; sin embargo, el carcinoma de células claras mostró el mayor índice de circularidad del núcleo. Existió relación entre las variables morfométricas, excepto para la circularidad del núcleo, con el diámetro nuclear mayor.⁽²³⁾

Otras de las entidades donde se ha realizado estudios morfométricos es para el diagnóstico del carcinoma endometrial. Utilizando láminas histológicas se realiza la separación de las mismas por las entidades objeto de estudio, se observaron en un microscopio binocular Motic modelo BA 210 con una lente objetiva de 40x y una lente ocular 10x y se realizó la captación de las imágenes enfocadas por el observador, con una cámara profesional Canon EOS 1100D acoplada al microscopio. Se seleccionaron para el estudio las glándulas que morfológicamente permitieron aplicar la técnica.^(24, 25)

Los estudios morfométricos también han sido de importancia en el estudio de del endotelio corneal en adultos sin alteraciones corneales. Demostrándose que la densidad celular, que es, el número de células por unidad de superficie; constituye un análisis cuantitativo del endotelio corneal y refleja la integridad estructural.⁽²⁶⁾

Los estudios morfométricos, también se pueden aplicar en modelos experimentales. En las retinas de ratas eSS se observaron signos similares a los informados en retinopatía diabética (RD) en humanos: vasos con diámetro aumentado, incremento del espesor de membrana basal de capilares, presencia de neovasos, desorganización de las capas celulares, microhemorragias, entre otros signos.⁽²⁷⁾

la sistemática, vista como una disciplina científica epistemológicamente pluralista, es el estudio comparativo de la diversidad de organismos fósiles y vivientes, por



ejemplo, especies, e incluye su descubrimiento, descripción, distribución y reconstrucción de las relaciones filogenéticas que comparten como linajes. A partir de esta información, se producen clasificaciones científicas que son el fundamento para organizar el resto del conocimiento biológico de las especies y para inferir el cambio de sus propiedades, funciones e interacciones con otras especies y con el mundo abiótico.⁽²⁸⁾

La integración de los análisis morfométricos y análisis filogenéticos requiere un cambio epistemológico para pasar de la morfometría fenética a una morfometría filogenética. Bajo un enfoque de similitud global, todos los caracteres morfométricos se combinan en una matriz y se procede en una o dos direcciones para valorar la similitud total. Primero, para agrupar los especímenes se calcula algún tipo de distancia pareada y con esas distancias se ejecuta algún algoritmo de agrupación como el UPGMA.⁽²⁹⁾

Los grupos de similitud en el fenograma generado y la visualización de nubes de puntos separados con métodos de ordenación (CVA), se interpretan como grupos taxonómicos. Además, dado que los ejes del CVA identifican la máxima separación de los grupos y los caracteres correlacionados con estos ejes son los que más contribuyen a la distinción, se interpreta que esos son los caracteres de mayor importancia taxonómica. Un ejemplo reciente de esta doble estrategia fenética es el estudio de la variación de la similitud total en especímenes del arbusto *Gymnopodium floribundum* Rolfe.⁽³⁰⁾

La osteoporosis es una enfermedad metabólica del hueso caracterizada por baja masa ósea y deterioro de la microarquitectura, cuya consecuencia es una mayor fragilidad ósea y un aumento del riesgo de fracturas.⁽³¹⁾

Las fracturas vertebrales por fragilidad ósea son las más frecuentes en la osteoporosis. Pueden ser asintomáticas y no relacionarse a un trauma específico. La evaluación de las fracturas vertebrales por absorciometría por rayos-X se denomina morfometría vertebral o más comúnmente se menciona en su nomenclatura en inglés como Vertebral Fracture Assessment (VFA). La misma brinda una imagen de la columna dorsal y lumbar que permite detectar deformidades vertebrales. La VFA tiene importantes ventajas sobre otros métodos por imágenes: baja radiación y costo, alta disponibilidad de equipos y posibilidad de realizarla en la misma visita que la densitometría. La identificación de fracturas vertebrales no registradas previamente permite realizar un adecuado diagnóstico, establecer el riesgo real de fracturas e identificar a aquellos pacientes que se beneficiarían con el tratamiento farmacológico.⁽³¹⁾

El examen de densidad ósea, también llamada absorciometría de rayos X de energía dual, DEXA o DXA, utiliza una dosis muy pequeña de radiación ionizante para producir imágenes del interior del cuerpo, generalmente la parte inferior de la columna (lumbar) y las caderas, para medir la pérdida de hueso. Generalmente, se utiliza para diagnosticar osteoporosis, para evaluar el riesgo que tiene un individuo de desarrollar fracturas debidas a la osteoporosis. La DXA es simple, rápida, y no es invasiva. También es el método más comúnmente utilizado y estándar para diagnosticar la osteoporosis.⁽³²⁾



El riñón humano es un órgano complejo que tiene como función principal realizar la filtración de los productos residuales de la sangre y producir orina, con la finalidad de garantizar la excreción de sustancias finales del metabolismo, como urea, ácido úrico y creatinina. Este órgano interviene en otras funciones vitales que se relacionan con la regulación del equilibrio hidroelectrolítico y ácido básico, la regulación de la presión arterial a partir de la liberación de renina, así como la síntesis de hormonas, como eritropoyetina, prostaglandinas, prostaciclina y medulipina I, cuyas acciones fisiológicas actúan de manera específica en diferentes sitios del cuerpo humano. También se reconoce su participación en el control del metabolismo del calcio al convertir la 25-OH vitamina D3 en 1,25 -(OH)₂ vitamina D3.⁽³³⁾

Las neoplasias malignas constituyen en la actualidad una de las primeras causas de muerte a nivel mundial, y las que afectan este órgano representan el 20 % de las muertes provocadas por cáncer en el hombre y el 4% en las mujeres.⁽³³⁾

Se realizó un estudio correlacional de las características morfométricas del núcleo celular de los epitelios de los túbulos renales en los diferentes tipos de carcinoma de células renales de aquellos pacientes diagnosticados con esta enfermedad en el Hospital Universitario Clínico-Quirúrgico «Arnaldo Milián Castro» de la provincia de Villa Clara, el cual arrojó los siguientes resultados:

En el carcinoma cromóforo el área nuclear presentó un valor promedio mayor que en el resto de los tipos histológicos ($59,90 \pm 3,35$ micrómetros cuadrados), sin embargo, el valor de la desviación estándar de esta variable resultó menor en este tipo de neoplasia, en comparación con los demás tipos histológicos de CCR. Por su parte, el carcinoma papilar presentó el menor valor promedio del área nuclear ($36,45$ micrómetros cuadrados), con una desviación estándar de $12,60$ micrómetros cuadrados. En este mismo orden de ideas, se corroboró que el carcinoma de células claras fue el tipo histológico que mayor desviación estándar presentó ($21,21$ micrómetros cuadrados); hecho que pudiera estar en relación con un mayor número de enfermos que padecen este tipo de cáncer ($n=21$) los cuales presentaron diferentes grados de diferenciación celular, donde el tamaño del núcleo varía y se incrementa a medida que estos aumentan.⁽³⁴⁾

En los diferentes tipos histológicos del carcinoma de células renales, el comportamiento del perímetro nuclear indicó que el mayor valor promedio se encontró en el carcinoma cromóforo ($27,60 \pm 1,44$ micrómetros), mientras que en el carcinoma de células claras esta variable tuvo el menor valor de media aritmética ($21,54 \pm 5,93$ micrómetros). En este sentido, es importante destacar que la mayor desviación estándar de dicha variable correspondió al tipo histológico de células claras ($\pm 5,93$ micrómetros), lo que está en relación con el hecho de que esta variable depende de los resultados del área nuclear y debe coincidir además con el tipo histológico que mayor número de casos aportó al estudio.⁽³⁴⁾



El carcinoma cromóforo presentó mayores valores promedio de área, perímetro y diámetros nucleares mayor y menor que el resto de los tipos histológicos; sin embargo, el carcinoma de células claras mostró el mayor índice de circularidad del núcleo. Existió relación entre las variables morfométricas, excepto para la circularidad del núcleo, con el diámetro nuclear mayor.⁽³⁴⁾

La senescencia celular es el foco de estudios tanto en el proceso de envejecimiento como en el crecimiento tumoral. Las células, incluso sin un marcador completamente específico para el estado de senescencia, pueden identificarse entre las células que no se dividen como células inactivas o diferenciadas. Existen cambios morfológicos y funcionales como la detención irreversible del crecimiento celular, un aumento del tamaño celular que puede, en algunos casos, aumentar a más del doble en relación con el tamaño de los homólogos no senescentes, así como cambios en la organización de la cromatina denominada focos de heterocromatina asociados a la senescencia – SAHF (focos de heterocromatina asociados a la senescencia).⁽³⁵⁾

Los trastornos del espectro autista (TEA) son un conjunto de enfermedades que son causadas por tener deficiencias en el desarrollo del sistema nervioso central desde una edad temprana. Los TEA tienen una fuerte influencia sobre las personas que lo padecen debido a que afectan principalmente su capacidad intelectual y social, generando en ellos dificultades significativas en su desarrollo comunicativo en diversos entornos.⁽³⁶⁾

La morfometría permite el estudio cuantitativo de la variación de las formas biológicas (Órganos, tejidos, entre otros) y es considerada como una fusión de la geometría con la biología. El estudio morfométrico de las estructuras biológicas resulta de utilidad para comprender similitudes entre individuos, lo que permitiría reconocer alteraciones debidas a procesos relacionados con un proceso patológico o genético. Las Imágenes de Resonancia Magnética (MRI) son herramientas versátiles para el estudio morfométrico gracias a que presentan información de las estructuras anatómicas en las 3 dimensiones espaciales, incluso con técnicas especializadas de adquisición se puede incorporar la dimensión temporal.⁽³⁶⁾ Con las MRI y la técnica de morfometría, se puede llegar al complemento necesario como un método de ayuda en el diagnóstico del autismo.⁽³⁷⁾

Las MRI se basan en una técnica sofisticada que usa campos magnéticos y pulsos de radiofrecuencia, los cuales interactúan con los tejidos vivos. Dicha interacción depende directamente de la composición química de los tejidos, lo cual permite diferenciar entre tejidos blandos, tumores o grasa corporal, entre otros. Los campos magnéticos actúan específicamente con los protones de los átomos de Hidrógeno que residen en las partículas de agua de los tejidos. Las MRI tienen innumerables usos y sus características lo aventajan de las otras técnicas imagenológicas, sin embargo, sus limitaciones también son muy grandes.⁽³⁸⁾

Al aplicar técnicas de procesamiento digital de imágenes y conceptos de morfometría (mediante el Voxel Based Morphometry) a las Imágenes de Resonancia Magnética se obtuvo una herramienta versátil, eficiente y recursiva con



la que fue posible unir el conocimiento médico con la practicidad de la ingeniería para obtener finalmente una estrategia para detectar regiones cerebrales que son influyentes en el diagnóstico de los TEA, sin embargo, al método propuesto le hace falta robustez frente a factores de ruido que tienen las imágenes como la resolución, la irregularidad de intensidad o hasta la forma en la que los centros de investigación tomaron las imágenes, por ello hay que dedicar más tiempo en la etapa de preprocesamiento que en cualquier otra etapa ya que si se hace esto, se obtendrán resultados fidedignos y que cumplirán a cabalidad con el objetivo de ayudar a diagnosticar los TEA.^(39, 40)

En cuanto a la identificación de las regiones cerebrales con diferencias significativas es importante que se evite la mayor intervención manual posible por parte del usuario debido a que no se estaría reduciendo la posibilidad de las opiniones subjetivas en el diagnóstico que, como se vio anteriormente es uno de los principales problemas. Por ello, se hace relevante que haya un proceso de depuración idóneo antes de la determinación final de las regiones, procesos como la utilización de clústeres o de clasificadores entrenados tal como se implementó en este trabajo.^(39, 40)

Varios autores plantean que la morfometría se ha visto ampliamente utilizada en los estudios de evolución de especies, en cambios de formas geológicas que se han conservado a lo largo de muchos años, en la identificación de los factores que causan los cambios en la forma en diferentes áreas. Algunos estudios se han enfocado en determinar la correlación entre tamaño-forma, entre la forma-función o en hacer estudios con un enfoque a futuro como los estudios de paralelismo y convergencia de las tendencias evolutivas.^(39, 40)

La Alometría, es un estudio enfocado al crecimiento relativo que corresponden a las partes de los seres vivos. Dicho crecimiento se manifiesta a medida que el organismo se desarrolla debido a que no todas las partes del cuerpo crecen en la misma proporción, de no ser así se generarían grandes deformaciones a nivel corporal, un ejemplo de ello se puede observar en el cuerpo humano, si hubiera un crecimiento igual en las piernas, brazos, torso y cabeza, el cuerpo sería deforme. Gracias a la alometría se sabe que la relatividad de los cambios corporales se debe a la existencia de módulos en los organismos desde su etapa embrionaria. Los módulos en sí son unidades fundamentales como lo pueden ser los campos morfogénicos, vías de transducción de señales o los linajes celulares, que al unirse constituyen una unidad y en consecuencia, un sistema.⁽⁴¹⁾

La morfometría aplicada a la alometría en estudios longitudinales permite determinar, por un lado, cuál debería ser el crecimiento relativo de cada elemento corporal de una especie y por otro lado, determinar si el desarrollo de un organismo es el esperado, y de no ser así, precisar cuál es la posible causa y solución de dicha anomalía.⁽⁴¹⁾

La morfología funcional se ocupa del estudio de la forma orgánica y las características que esta tiene en relación con su función. Tiene como objetivo entender qué sucede con las diferentes funciones del cuerpo humano con el fin de mejorar el rendimiento de los diferentes bloques funcionales anatómicos.⁽⁴²⁾



La heterocronía es el estudio que comprende todos aquellos cambios en el tiempo de los procesos que dan lugar a transformaciones de la forma y tamaño de los organismos. Para realizar este estudio se tiene en cuenta el comienzo y el fin del proceso de cambio y el ritmo al que éste se produce. La morfometría con este estudio, de manera similar a la alometría, se puede aplicar en estudios longitudinales donde se evidencia el ritmo de crecimiento al que un organismo está sometido y con más estudios de especies similares o idénticas, determinar si el desarrollo de dicho organismo es el esperado.⁽⁴³⁾

La plasticidad fenotípica es la propiedad que tiene un genotipo para producir diferentes respuestas fenotípicas en respuesta a diferentes condiciones no genéticas como las ambientales. Una forma intuitiva de visualizar la plasticidad fenotípica es a través de las normas de reacción, las cuales están dadas en función específica del genotipo que relaciona a cada fenotipo con el ambiente en el que ha sido producido.⁽⁴¹⁾ La morfometría aplica en este estudio con la posibilidad de poder llegar a entender la genética manifestada en la forma de los seres vivos en el aspecto que se podría llevar un estudio inverso, es decir, a partir de la forma, lograr interpretar información genética que brinde la posibilidad de entender un poco más ese campo y se puedan predecir, prevenir o hasta corregir malformaciones o dificultades motoras dadas desde el nacimiento.⁽⁴⁴⁾

La Geomorfología es una rama conjunta de la geografía y de la geología que tiene como objetivo el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado en tratar de describir qué ha sucedido en el planeta, entender su génesis y su actual comportamiento. La morfometría con este tipo de estudios muestra su versatilidad frente al estudio de la forma, no solo aplicado a seres vivos, también a cambios geológicos que permitan desarrollar un análisis de partes específicas del planeta que puedan llegar a ser relacionados con el cambio climático o con la influencia en general del estilo de vida de las especies a lo largo de los años.⁽⁴⁵⁾

La Morfometría tiene una amplia aplicabilidad en los estudios de las ciencias morfológicas, por lo que su conocimiento no sólo es importante para introducir una nueva técnica de análisis cuantitativo, sino que también lo es como parte del conocimiento general fundamental en la formación y actualización de un morfológico.⁽⁴⁵⁾

En sus comienzos, la morfología se centró en la descripción de la estructura observada: tejidos, células, órganos, dimensiones, formas, relaciones entre ellos, etc. Las comparaciones entre grupos o poblaciones estaban basadas en el análisis de las diferencias de sus dimensiones lineales y la forma era considerada una cualidad de la estructura, la cual, aunque podía ser detalladamente descrita, no podía ser analizada cuantitativamente.^(46, 47)

Con el avance de las tecnologías y la estadística, la descripción pasó a la cuantificación y adquirió términos de mayor complejidad, donde no solo se buscaba comparar parámetros entre grupos de estudio y control, sino que, además se intentó buscar relaciones entre estos, de manera de encontrar asociaciones que permitieran explicar las diferencias observadas.^(46, 47)



CONCLUSIONES

Se describieron los nuevos avances de la morfometría geométrica. Es una ciencia que se encuentra actualmente en constante ascenso. Cabe destacar la ardua labor desempeñada por el personal de ciencias morfológicas en la búsqueda de información y nuevos conocimientos para continuar con la vinculación básico-clínica y clínico-básica, lo cual tributa también a la formación de los estudiantes del Pregrado, y además sirve de apoyo para los estudios de los residentes de ciencias afines.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Morfometría geométrica. [consultado 10-1-22]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Morfometr%C3%ADa#Enlaces_externos. citado 21-1-22.
- 2- Adams, D. C. & Rohlf, F. J. Ecological character displacement in *Plethodon*: biomechanical differences found from a geometric morphometric study. *Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.* Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 97(8):4106-11, 2000. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 3- Adams, D. C.; Rohlf, F. J. & Slice, D. E. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Ital. J. Zool.* 'Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.' 71:516, 2004. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 4- Alibert, P.; Moureau, B.; Dommergues, J. L. & David, B. Differentiation at a microgeographical scale within two species of ground beetle, *Carabus auronitens* and *C. nemoralis* (Coleoptera, Carabidae): a geometrical morphometric approach. *Zool.* 'Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.' Scr., 30(4):299311, 2001. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 5- Thomas, C. D.; Hill, J. K. & Lewis, O. T. Evolutionary consequences of habitat fragmentation in a localized butterfly. *J. Anim. Ecol.*, 'Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.' 67(3):485-97, 1998. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 6- Rohlf, F. J. & Marcus, L. F. A revolution in morphometrics. *Trends Ecol. Evol.*, 8(4):129-32, 1993. 'Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.' [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 7- Slice, D. E. *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York, Kluwer Academic Publishers, 'Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.' 2005. [consultado 10-1-22].



- Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 8- Parés-Casanova, P. M. & Martínez, S. Geometric Morphometrics for the Study of Hemicoxae Sexual Dimorphism in a Local Domestic Equine Breed. *Int. J. Morphol.*, 31(2):623-8, ''Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.'' 2013. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
 - 9- MacLeod, N. & Forey, P. (Eds.). *Morphology, shape, and phylogeny*. London, Taylor & Francis, 2002. ''Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.'' [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
 - 10- Toro Ibacache, M. V.; Manriquez Soto, G. & Suazo Galdames, I. Geometric morphometry and the biologic shapes study: from the descriptive morphology to the quantitative morphology. *Int. J. Morphol.* ''Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.'' 28(4):977-90, 2010. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
 - 11- López, B.; Toro, V.; Schilling, A. & Galdames, I. S. Nasal Profile Assessment Using Geometric Morphometrics in a Sample of Chilean Population: Clinical and Forensic Implications. *Int. J. Morphol.*, 30(1):302-8, ''Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.'' 2012. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
 - 12- Rios-Rodas, L.; Rodríguez-Romero, F. J.; Velázquez-Rodríguez, A. S. & Hernández-Franyutti, A. A. Geometric Morphometric of the Heart in *Hyla plicata* Through an Altitudinal Gradient in the Mexican Neovolcanic Axe. *Int. J. Morphol.*, ''Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.'' 31(3):905-10, 2013. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
 - 13- Klingenberg, C. P, & Marugán-Lobón, J. Evolutionary covariation in geometric morphometric data: analyzing integration, modularity, and allometry in a phylogenetic context. *Syst. Biol.*, 62(4):591-610, ''Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.'' 2013. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
 - 14- Adams, D. C.; Rohlf, F. J. & Slice, D. E. A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix*, 24(1):7-14, ''Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.'' 2013. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.



- 15- O'Higgins, P. The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry. *J. Anat.*, 197 (Pt. 1):103-20, '' Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.''' 2000. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 16- Bookstein, F. L. Morphometric Tool for Landmark Data. *Geometry and Biology*. Cambridge, Cambridge University Press, 1991. '' Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.''' [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 17- Benítez De La Fuente, H.; Vidal, M.; Briones, R. & Jerez, V. Sexual Dimorphism and Morphological Variation in Populations of *Ceroglossus Chilensis* (Eschscholtz, 1829) (Coleoptera: Carabidae). *J. Entomol. Res. Soc.*, 12(2):87-95, '' Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.''' 2010. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 18- Alibert, P.; Moureau, B.; Dommergues, J. L. & David, B. Differentiation at a microgeographical scale within two species of ground beetle, *Carabus auronitens* and *C. nemoralis* (Coleoptera, Carabidae): a geometrical morphometric approach. *Zool. Scr.*, 30(4):299-311, '' Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva.''' 2001. [consultado 10-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>. citado 21-1-22.
- 19- Zelditch, M.; Swiderski, D. L.; Sheets, H. D. & Fink, W. L. *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer*. New York, Elsevier. Academic Press, 2004. [consultado 21-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022020000601818>. citado 21-1-22.
- 20- Benítez, H. A.; Püschel, T.; Lemic, D.; Cacija, M.; Kozina, A. & Bazok, R. Ecomorphological variation of the wireworm cephalic capsule: studying the interaction of environment and geometric shape. *PloS One*, 9(7): e102059, 2014a. [consultado 21-1-22]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022020000601818>. citado 21-1-22.
- 21- Sarduy Nápoles D, Montes de Oca Recio N, Sobrado Cárdenas E. *Lamatemática en tiempos de la covid-19: retos e implicaciones para suenseñanza-aprendizaje/ Mathematics in times of covid-19: challenges and implications to the teaching and learning process*. *Trans [Internet]*. 17jul.2020 [citado 21 enero 2022];16(3):489-02. consultado 21-1-22. Available from: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/articulo/view/e3487>.
- 22- Alemán Rodríguez R, Yera Carbonell GC. La interdisciplinariedad en ciencias médicas y la matemática. *Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]*. 2011 Dic [citado 2021 enero 21]; 49(3):490-498. consultado 21-1-22. [Disponible](#)



- [en:http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000300016&lng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000300016&lng=es)
- 23- Cabrera RBA, García GMB, López PR, et al. Estudio morfométrico del núcleo celular en el carcinoma de células renales. *Mediocentro*. 2018; 22(1):36-44.
- 24- Inda Pichardo D, Garriga Alfonso N, Alonso González M, Molina Estévez M, Cruz Molina D, Balceiro Batista L. Técnica morfométrica en el diagnóstico diferencial de hiperplasia endometrial compleja y adenocarcinoma endometrioide. *Matanzas*; 2014-2015. *Rev. Med. Electrón.* [Internet]. 2020 Feb 42(1): 1597-1606. [consultado 21-1-22]. [Disponibile en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242020000101597&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242020000101597&lng=es). Epub 29-Feb-2020. citado 21-1-22.
- 25- Manzano Pérez G, Pulgarín Restrepo JC. Cáncer de endometrio: Una actualización en el diagnóstico y tratamiento. Revisión bibliográfica [Internet]. Colombia: Universidad libre seccionada Barranquilla; 2016. 134(2) [consultado 21-1-22]. [Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/b727/e584062d11eaabec20205fb1b1a25fd5d671.pdf](https://pdfs.semanticscholar.org/b727/e584062d11eaabec20205fb1b1a25fd5d671.pdf). citado 21-1-22.
- 26- Guerra AM, Llopiz MM, Cárdenas DT, et al. Morfología y Morfometría del endotelio corneal en adultos sin alteraciones corneales. *Rev Cub Oftal.* 2016;29(4):622-631. [consultado 21-1-22].
- 27- Pigino G, Díaz G, Daín A, López C, Repossi G. Estudio morfométrico de la retina en un modelo experimental de diabetes tipo 2 (ratas e-SS) con retinopatía diabética. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Córdoba* [Internet]. 2 de octubre de 2018 [citado 21 de enero de 2022]; 69-70. [consultado 21-1-22]. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/med/article/view/21521>.
- 28- Miller, T. R., T. D. Baird, C. M. Littlefield, G. Kofinas, F. Chapin III y C. L. Redman. 2008. Epistemological pluralism: reorganizing interdisciplinary research. *Ecology and Society* 13(2): 46. [consultado 21-1-22]. [DOI: https://doi.org/10.5751/es-02671-130246](https://doi.org/10.5751/es-02671-130246). citado 21-1-22.
- 29- Crisci, J. V. y M. F. López-Armengol. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica, serie de biología, monografía 26. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, EUA. 132 pp. [consultado 21-1-22]. Disponible en: <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1640>. citado 21-1-22.
- 30- Ancona, J. J., J. J. Ortiz-Díaz, E. De Luna, J. Tun-Garrido y R. C. Barrientos-Medina. 2019. Statistical analyses of morphological variation in the *Gymnopodium floribundum* complex (Polygonaceae): definition of three subspecies. *Acta Botanica Mexicana* 126: e1517. [consultado 21-1-22]. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1517>. citado 21-1-22.
- 31- Mastaglia, Silvina Rosana; Bagur, Alicia Cristina; Morfometría Vertebral (VFA): Utilidad clínica de la evaluación de las fracturas vertebrales por absorciometría de rayos-X; Asociación Argentina de Osteología y Metabolismo



- Mineral; Actualización en Osteología; 7; 2; 8-2011; 71-78. [consultado 21-1-22].
URI:
<http://hdl.handle.net/11336/67689>.URL:http://osteologia.org.ar/files/pdf/rid_27_Mastaglia.pdf.
- 32- Densitometría ósea. (DEXA, DXA). 2019. [consultado 24-1-22].
Disponible en: <https://www.radiologyinfo.org>. Citado 24-1-22.
- 33- Ovalle WK, Nahirney PC. Urinary system. En: Ovalle WK. Netter's Essential Histology. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2013. p. 357-80. ' ' Estudio morfológico del núcleo celular en el carcinoma de células renales ' '.
- 34- Belkis Angela Cabrera Roche, Marisabel Blanca García Gutiérrez, Raúl López Pérez, Yania Ramos Rodríguez, Iván Triana de la Paz, Yamilet Álvarez Luna. ' ' Estudio morfológico del núcleo celular en el carcinoma de células renales ' '. Medcentro Electrónica vol.22 no.1 Santa Clara ene.-mar. 2018. [consultado 24-1-22]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_serial&pid=1029-3043&lng=es&nrm=iso. Citado 24-1-22.
- 35- Amaral, T.P.C.; Ribas, L.F.F.; Oliveira, F.L.P.; Netto, F.M.M.; Ervolino, E.; Salzedas, L.M.P.; Silveira, Z.V.; Gonçalves, A. Rev. odontol. UNESP, vol.41, nEspecial, p.0, 2012. ' ' Morfometría de células exfoliadas de la mucosa oral de ancianos expuestos a rayos X durante radiografía panorámica. ' ' [consultado 24-1-22].Disponible en: <https://www.google.com.revodontolunesp.com.br>. Citado 24-1-22.
- 36- "Trastorno del espectro autista: MedlinePlus en español", Medlineplus.gov, 2018. [Online].
[Available:https://medlineplus.gov/spanish/autismspectrumdisorder.html](https://medlineplus.gov/spanish/autismspectrumdisorder.html). [Accessed: 22-Apr- 2019]. Citado 24-1-22.
- 37- A. Lopez, "Morfometría geométrica: el estudio de la forma y su aplicación en biología", Utm.mx, 2015. [Online]. [consultado 24-1-22]. Available: http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas55/T55_2Nota_6.pdf. Citado 24-1-22.
- 38- C. Peña, "Seguridad del paciente - Materiales de Contraste", Radiologyinfo.org, 2018. [Online]. [consultado 25-1-22].[Available:https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=safetycontrast](https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=safetycontrast). [Accessed: 29-Mar- 2020]. Citado 25-1-22.
- 39- A. Suarez and M. Vega, "Métodos morfológicos para detectar diferencias estructurales entre cerebros | Revista CENIC Ciencias Biológicas", Revista.cnic.edu.cu, 2019. [Online]. [Available:https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/metodosmorfologicos-para-detectar-diferencias-estructurales-entre-cerebros](https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/metodosmorfologicos-para-detectar-diferencias-estructurales-entre-cerebros). [Accessed: 22- Apr- 2019]. Citado 25-1-22.
- 40- Ashburner and K. Friston, "Voxel-Based Morphometry—The Methods", sciencedirect.com, 2002. [Online]. [Available:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811900905822](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811900905822). [Accessed: 28- Apr- 2019]. Citado 25-1-22.



- 41- "alometría - BioDic", Biodic.net, 2011. [Online]. Available: <https://www.biodic.net/palabra/alometria/#.XvBaqmhKjIU>. [Accessed: 07-Nov- 2019]. Citado 25-1-22.
- 42- R. Negrín, "La Morfología Funcional Deportiva. Su importancia en el currículo de la carrera de Cultura Física", Efdeportes.com, 2016. [Online]. Available: <https://www.efdeportes.com/efd213/la-morfologia-funcional-deportiva-en-culturafisica.htm>. [Accessed: 04- Nov- 2019]. Citado 25-1-22.
- 43- "Introducción a la evolución: Tipos de cambios en el desarrollo", Sesbe.org, 2020. [Online]. Available: <https://www.sesbe.org/evosite/evo101/IIIC6dDevochange2.shtml.html>. [Accessed: 05- Nov- 2019]. Citado 25-1-22.
- 44- M. Rodriguez, "Plasticidad fenotípica", Ugr.es, 2020. [Online]. Available: <http://www.ugr.es/~jmgreyes/plasticidad.html>. [Accessed: 06-Nov- 2019]. Citado 25-1-22.
- 45- M. Raffino, "Geomorfología - Concepto, objeto de estudio, importancia y ramas", Concepto.de, 2020. [Online]. Available: <https://concepto.de/geomorfologia/>. [Accessed: 08- Nov- 2019]. Citado 25-1-22.
- 46- Santamaria Solís L. Métodos estereológicos en histología y biología celular. En: Técnicas en Histología y Biología Celular. Barcelona: Elsevier Masson; 2009.p. 275-276. Citado 15-2-22.
- 47- Toro Ibacache M, Manríquez Soto G, Suazo Galdames I. Morfometría Geométrica y el Estudio de las Formas Biológicas: De la Morfología Descriptiva a la Morfología Cuantitativa. Int. J. Morphol.2010; 28(4):977-90. Citado 15-2-22.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores del trabajo no declaran ningún conflicto de interés.

Declaración de fuentes de financiación: No se recibió financiación para la realización del presente artículo.

Declaración de autoría

Yanier Espinosa Goire: conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.

Luis Manuel Abreu Pereira: conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.



Tercer Congreso Virtual de
Ciencias Básicas Biomédicas en Granma.
Manzanillo.



José Manuel Padilla González: conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.