

Algoritmo transdisciplinario para el diagnóstico de los Mixoploides humanos en la Red de Genética Médica en Camagüey

Transdisciplinary algorithm for the diagnosis of human Mixoploids in the Medical Genetics Network of Camagüey

Héctor Ignacio Pimentel Benítez ^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-2389-4273>

Rosaralis Arrieta García ¹ <https://orcid.org/0000-0001-6820-7639>

Aracelis Lantigüa Cruz ² <https://orcid.org/0000-0002-8549-2571>

Cira Cecilia León Ramentol ³ <https://orcid.org/0000-0002-2858-8884>

Zenia Téllez Peraza ¹ <https://orcid.org/0000-0003-1669-4396>

¹Hospital Materno Provincial de Camagüey. Departamento Provincial de Genética Médica. Camagüey. Cuba.

²Centro Nacional de Genética Médica. Ciudad de La Habana. Cuba.

³Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Camagüey. Cuba.

* Autor para la correspondencia: hipb.cagonia@gmail.cu

RESUMEN

Introducción: El mosaicismo de ploidías en los humanos constituye un evento de baja prevalencia que evidencia un variado espectro clínico. Distinguir el origen tisular *in vivo* o

in vitro de estas durante la fase analítica del estudio citogenético, para establecer el diagnóstico de Mixoploide humano, es tarea compleja.

Objetivo: Implementar algoritmo transdisciplinario para el diagnóstico de Mixoploides humanos en la Red de Genética Médica de Camagüey.

Métodos: con empleo de metodología cuali-cuantitativa, se diseñó el algoritmo diagnóstico, que desarrolla dos bloques de acciones: el primero, respaldado por un estudio descriptivo transversal, define los criterios que identifican el fenotipo clínico de la mixoploidía en humanos en la Red de Genética Médica de Camagüey. El segundo corresponde a las evidencias del laboratorio de citogenética. Los resultados de los estudios cromosómicos se emitieron según el modelo oficial establecido por la Red Nacional de Genética Médica.

Resultados: tecnología blanda para el diagnóstico de Mixoploides humanos, estructurada desde un algoritmo para la identificación de fenotipos clínicos y procedimientos de cultivo celular.

Conclusiones: contar con un algoritmo diagnóstico que establezca acciones para sistematizar y contextualizar el diagnóstico de esta aberración cromosómica en la Red de Genética Médica de Camagüey, beneficiando a los sujetos afectados, a sus familiares y a los profesionales de la atención.

Palabras clave: aberración cromosómica; poliploidías; mixoploides humanos; algoritmo diagnóstico

ABSTRACT

Introduction: The mosaicism of ploidies in humans is a low-prevalence event that evidences a varied clinical spectrum. To distinguish the *in vivo* or *in vitro* tissue origin of these during the analytical phase of the cytogenetic study, to establish the diagnosis of human Myxoploid, is a complex task.

Objective: To implement a transdisciplinary algorithm for the diagnosis of human Mixoploids in the Medical Genetics Network of Camagüey.

Methods: Using a qualitative–quantitative methodology, the diagnostic algorithm was designed, comprising two blocks of actions: the first is supported by a descriptive cross-sectional study that defines the criteria for identifying the clinical phenotype of myxoploidy in humans in the Medical Genetics Network of Camagüey. The second corresponds to the evidence from the cytogenetics laboratory. The results of the chromosomal studies were issued in the official model established by the National Medical Genetics Network.

Results: Soft technology for the diagnosis of human Myxoploids, structured from an algorithm for the identification of clinical phenotypes and cell culture procedures.

Conclusions: To develop a diagnostic algorithm that provides actions to systematize and contextualize the diagnosis of this chromosomal aberration within the Medical Genetics Network of Camagüey, benefiting affected subjects, relatives, and care professionals.

Keywords: chromosomal aberration; polyploidies; human myxoploids; diagnostic algorithm

Recibido: 01/09/2025

Aprobado: 30/09/2026

Introducción

Las anomalías cromosómicas constituyen una de las causas de enfermedades genéticas, generan gran producción de pérdidas reproductivas, malformaciones congénitas y retraso mental, así como desempeñan un importante papel en la patogenia del cáncer ⁽¹⁾

Las alteraciones en el número de cromosomas no son, precisamente, cambios cigóticos que afecten a todas las células de un individuo. Ocasionalmente ocurre una

alteración de estos después de la formación del cigoto o en las células sexuales que pueden dar lugar a que secciones de tejidos sean portadores de distintas constituciones cromosómicas; tales individuos son reconocidos como mosaicos, en el caso de los llamados mixoploides, coexisten una población de células diploides ($2n$) con otra que tiene tres o más múltiplos del número haploide de cromosomas humanos, por ejemplo: diploide-triploide ($2n/3n$) y diploide-tetraploides ($2n/4n$).⁽²⁻⁶⁾

En comparación con las triploidías y tetraploidías completas, que son las poliploidías más frecuentes^(7,8), los sujetos portadores de este mosaicismo presentan un patrón malformativo reconocible y, a su vez, una mayor sobrevivencia. Su fenotipo general es reconocido por presentar asimetría corporal y/o facial, retraso en el crecimiento intrauterino (RCIU), pigmentación irregular de la piel (áreas hiperpigmentadas o hipopigmentadas) y discapacidad intelectual, como rasgo clínico, que puede formar parte o no de la misma y mostrar expresividad variable.⁽⁹⁻¹⁴⁾

Dado el gran desarrollo que ha alcanzado la citogenética clínica en los últimos años, los reportes de estudios sobre mixoploides han aumentado en la literatura especializada. Diferentes autores tratan de explicar los posibles mecanismos de formación de este evento biológico, y a su vez, mediante la reseña del cuadro clínico, recopilan datos que permiten delinear su fenotipo en desarrollo.⁽³⁾

El reducido número de reportes de caso, el posible subdiagnóstico, atribuible, entre otros factores, a que en el 70 % de ellos la línea celular anormal es observada solo en fibroblastos y en linfocitos periféricos tiene una frecuencia de observación de menos del 5 % de las células analizadas.⁽¹⁰⁾ y la necesidad de su detección, son elementos que acentúan la significación clínica, sobre la estadística en esta investigación.⁽¹⁵⁾

Por lo anteriormente expuesto el colectivo de autores de este estudio, pondera la necesidad e importancia de establecer un algoritmo⁽¹⁶⁾ (conjunto ordenado y finito de operaciones que permiten hallar la solución de un problema), que facilite el diagnóstico de esta aberración cromosómica, en la Red de Genética Médica de Camagüey (RGMC), como objetivo en esta investigación

Este algoritmo diagnóstico, articula conocimientos aportados por medio de la observación clínica y los resultados de los estudios citogenéticos. La unificación de estos saberes parte de la interdisciplinariedad que, obligatoriamente, construyen varias disciplinas o áreas de conocimiento, como la genética clínica, citogenética, dermatología, neurología, psicología e imagenología, lo que genera nuevos conocimientos, crea un enfoque holístico, redefine problemas complejos,⁽¹⁷⁾ como este desorden cromosómico, y favorece la adecuada interpretación de los exámenes de laboratorio, así como la atención a pacientes y familiares.

Métodos

El algoritmo desarrolla dos bloques de acciones en su diseño, el primero defendido en un estudio descriptivo transversal, que permitió definir los criterios que identifican el fenotipo clínico de la mixoploidía en humanos en la RGMC, el método histórico-lógico, para analizar el desarrollo en el tiempo del conocimiento médico relacionado con los mixoploides ($2n/3n$ y $2n/4n$), el análisis crítico de documentos, en la valoración de las fuentes documentales empleadas, la observación estructurada y no estructurada, para recoger información primaria acerca de los pacientes y su atención, fueron los métodos utilizados.

Del nivel empírico, el método clínico.⁽¹⁸⁾ Los datos clínicos de los pacientes recogidos en el modelo de historia clínica, establecido en la Red Nacional de Genética Médica, permitieron conformar los universos de trabajo en cada etapa de la investigación.

Los cromosomas se obtuvieron según el procedimiento descrito por Verma y Babú en 1995.⁽¹⁹⁾ El cultivo de fibroblastos y el recuento de metafases, según la propuesta de Pimentel y colaboradores en 1999.⁽²⁾

El Índice mitótico (IM) y el de poliploidías (IP), que miden la actividad proliferativa celular y el número de células poliploides directamente en la sección histológica elegida, respectivamente, se obtuvo de los resultados de la investigación realizada

por González Díaz y colaboradores en 2021, ⁽²⁰⁾ ambas determinaciones fueron realizadas con el empleo de un microscopio Olympus BX 51, y los valores resultantes, expresados como porcentaje.

La mixoploidía a evaluar en esta investigación es la que resulta de la combinación de genomas poliploides ($3n$ o $4n$) con el genoma diploide ($2n$). El resultado del estudio citogenético se emitió en el formato oficial establecido por la Red Nacional de Genética Médica. De los métodos estadísticos y matemáticos, se empleó la estadística descriptiva.

Todos los participantes en el estudio dieron su consentimiento informado para su inclusión.

Resultados

Una de las líneas de investigación de la RPGMC, constituye el diagnóstico de la mixoploidía en humanos. Es resultado de esa pesquisa, el algoritmo para el diagnóstico transdisciplinario de mixoploides humanos, el que tiene entre sus objetivos la atención integral de estos paciente y basada en evidencias científicas actualizadas, realizar el correcto diagnóstico etiológico.

El mismo comienza en la atención primaria de salud (APS), donde el Máster en Asesoramiento Genético, en cada área de salud, previamente capacitado en el tema, identifica y detecta a los individuos con diagnóstico presuntivo de esta aberración cromosómica al presentar signos clínicos del fenotipo de los mixoploides humanos.

En el nivel secundario de atención de salud, (ASS), en la consulta interdisciplinaria de Genodermatosis, los pacientes previamente pesquisados, son evaluados por especialistas en Genética clínica, Dermatología, Neurología y Psicología, con el objetivo de definir, con mayor criterio de selección y riguroso conocimiento científico, el ser tributarios o no de la siguiente fase de trabajo de este algoritmo, al presentar

los criterios clínicos característicos de esta aberración cromosómica, de esa manera queda caracterizado el fenotipo Mixoploide.

Las evidencias de los estudios citogenéticos se obtienen en dos momentos. El primero, el cariotipo a partir de sangre periférica, el resultado puede ser el de un complemento euploide o la presencia de alguna aberración cromosómica, (numérica o estructural), así como la presencia de poliploidías, en número mayor o igual al 3,5 % de las metafases analizadas.

El estudio cromosómico a partir de fibroblastos de piel, es realizado a todos los pacientes, independientemente de los resultados obtenidos en el cariotipo anterior. Efectuar una biopsia de piel en la región con discromía cutánea (hipo o hiperpigmentada) es preciso.

El resultado de este análisis establece el complemento cromosómico de Mixoploide, es informado a pacientes y/o familiares durante consulta de Asesoramiento Genético. (Figura 1)

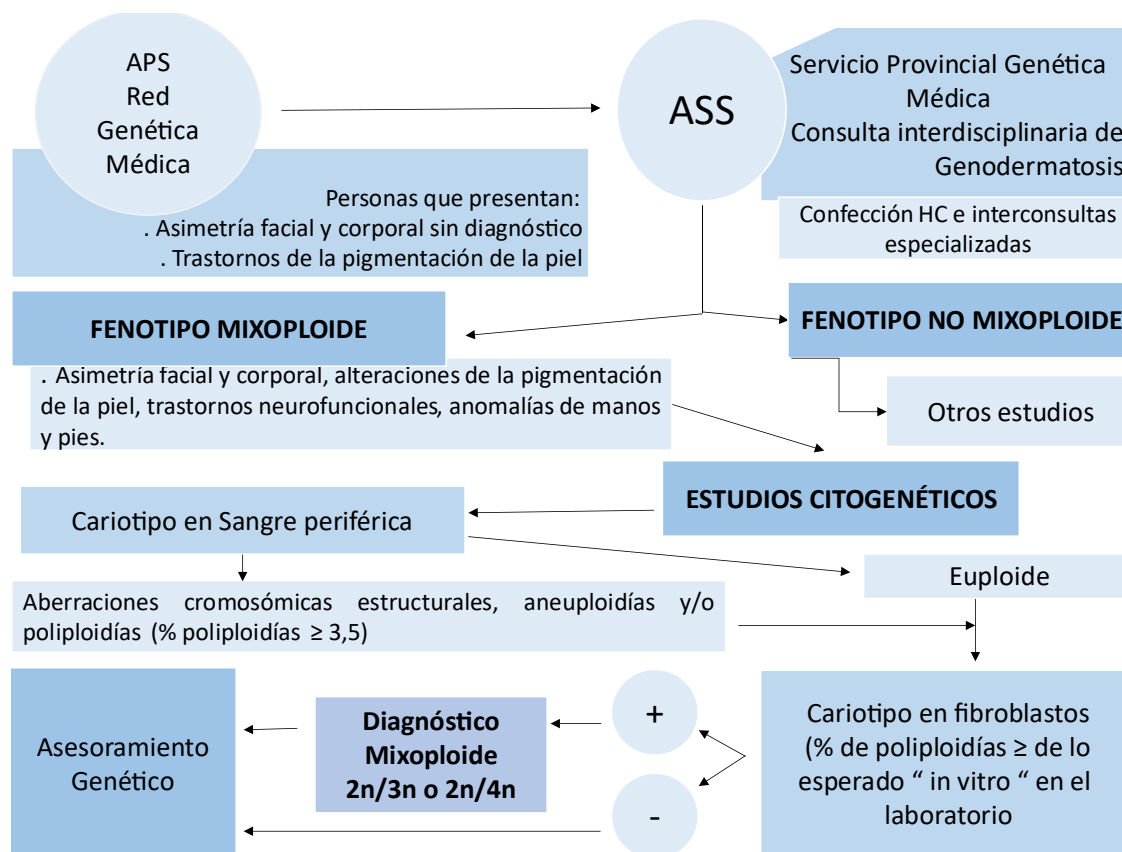


Fig. 1. Algoritmo transdisciplinario para el diagnóstico de Mixoploides humanos en la RGMG.

Fuente: elaboración propia.

Discusión

En 2017, el Centro Nacional de Genética Médica de Cuba publicó el Manual de Normas y Procedimientos.⁽²¹⁾ Documento metodológico rector para la organización y el funcionamiento de los servicios de genética médica en el país. Texto que describe, en el apartado de Atención Prenatal, los criterios necesarios para indicar los estudios cromosómicos y los principales requisitos de las muestras para el examen de citogenética posnatal.

Entre estos dos contenidos del estudio cromosómico, está la pertinencia de este algoritmo diagnóstico para los Mixoploides humanos. El que articula las evidencias clínicas y los resultados del laboratorio de citogenética, relación no constatada en la bibliografía examinada, además aporta una visión holística del diagnóstico de una

enfermedad genética de baja prevalencia, que parte de la diversidad de entornos en los que se desarrolla y cómo estos influyen en el curso clínico de la misma, la necesidad de la asistencia multi e interdisciplinaria desde la complejidad del proceso, centrado en un escenario que trasciende a relaciones transdisciplinares, que articulan en un contexto histórico determinado signado por el desarrollo científico tecnológico de la sociedad del conocimiento.⁽²²⁾

Rolls G et al.,⁽²³⁾ define artefacto del laboratorio a las estructuras que normalmente no están presentes en tejidos vivos y comprometen la seguridad del diagnóstico. En el caso de las poliploidías, observadas durante el proceso de análisis cromosómico, en la fase analítica del estudio citogenético, son consideradas del mismo modo, artefactos del cultivo, atribuidas a características inherentes a estos, como el prolongado tiempo de cultivo celular y la manipulación de los mismos, todo lo cual propicia que, para los analistas, carezcan de interés diagnóstico.

Sin embargo, en el caso particular de los mixoploides, las poliploidías presentes en las preparaciones para el análisis cromosómico, forman parte del tejido vivo en estudio, por tanto, para ofrecer un diagnóstico seguro, es preciso considerarlas parte del complemento cromosómico del individuo en estudio y no como artefactos del laboratorio.

En sentido general, son escasos los documentos reguladores que abordan temas de la calidad en los laboratorios de citogenética, y que enfatizan la aparición de estos eventos. *Standards and guidelines for clinical genetics laboratories*, en 2009, establece que el laboratorio debe investigar el significativo incremento de inestabilidad cromosómica en una o varias muestras consecutivas,^(24,25) incluidas las poliploidías.

Méndez y colaboradores en el artículo, Diagnóstico prenatal Citogenético mediante cultivo de amniocitos, publicado en 2009, plantea que el 3,97 % de las metafases de los cultivos de líquido amniótico son tetraploide y pueden ser encontradas en más de un frasco de cultivo,⁽²⁶⁾ lo que coincide con lo señalado en *Technical Standards for clinical genetics laboratories*, en 2021.⁽²⁷⁾

En correspondencia con este resultado, está el publicado por González Díaz y colaboradores, que establece un 3,5 % de metafases poliploides en los cultivos celulares, realizados en el Laboratorio de Citogenética de la RPGMC ⁽²⁰⁾

Entre las novedades que este algoritmo aporta a la caracterización del mosaicismo de las poliploidías está su visibilidad como resultado del estudio citogenético, con repercusión en el fenotipo clínico de las personas que lo portan, y no como un fenómeno derivado del procesamiento de la muestra biológica en su fase analítica.

Otra contribución que brinda está relacionada con la seguridad del paciente, al utilizar el resultado del laboratorio como información determinante en el asesoramiento genético que se ofrece a pacientes y/o familiares.

En 2017, Santelice et al., ⁽²⁸⁾ publican un caso de Mixoploide humano, en un estudio citogenético postnatal que sigue la secuencia de pasos planteados en este algoritmo diagnóstico.

En adición, la Revista Cubana de Genética Comunitaria en 2012, divulga el reporte de un Mixoploide diploide/triploide: diagnóstico en el primer trimestre del embarazo. Primer reporte en Cuba. ⁽⁴⁾ En este particular, la presencia de metafases poliploides halladas fue un por ciento mayor que la referida en el algoritmo diagnóstico. Lo que devino en la indicación de realizar un estudio de dismorfología prenatal ultrasonográfica, con el objetivo de identificar, en el feto, estigmas clínicos descritos para esta aberración cromosómica (correlación cariotipo-fenotipo) y establecer el diagnóstico definitivo.

En este caso, se presenta una sucesión de pasos de modo inverso a la propuesta en el algoritmo, se parte de los hallazgos citogenéticos, a la búsqueda del fenotipo sospechoso de este desorden de los cromosomas.

Ambos resultados, uno prenatal y el otro posnatal, unidos a otros dos diagnósticos realizados por este equipo de investigadores, avalan la utilidad práctica del algoritmo transdisciplinario para el diagnóstico de los Mixoploides humanos en la RGMCM.

Conclusiones

El algoritmo diagnóstico, evidencia la fortaleza de la Red de los Servicios de Genética Médica en Cuba, basada en la sinergia de diferentes niveles de atención de salud y la actualizada formación de su recurso humano, lo que permite desarrollar el Programa Nacional de Diagnóstico manejo y prevención de enfermedades genéticas y defectos congénitos, difícil de concretar en otras condiciones sociales.

Lo anterior sustenta la propuesta de incluir este algoritmo diagnóstico en el Manual de Normas y Procedimientos del programa cubano, con el propósito de incrementar el diagnóstico de esta aberración cromosómica y visibilizar el valor de las poliploidías en el análisis citogenético. Además de contribuir a perfeccionar el asesoramiento genético para esta enfermedad de baja prevalencia.

Referencias bibliográficas

1. Lantigüa Cruz A. Mutaciones que afectan a los cromosomas humanos en Introducción a la Genética Médica. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2004.
<http://webs.uvigo.es/reined/>
2. Pimentel Benítez H, Lantigüa Cruz A, Quiñones Masa O. Mixoploidía diploide-tetraploide: primer reporte en nuestro medio. Rev Cubana Pediatr. 1999;71(3):168-7.
<http://scielo.sld.cu/pdf/ped/v71n3/ped07399.pdf>
3. Pimentel Benítez H, Arrieta García R, Lantigüa Cruz A, Lechuga Carbó G, Trull Martínez A. Mixoploides humanos: su fenotipo clínico. Experiencia en Cuba y revisión de la literatura. Rev Cubana Genet Comunit, 2015;9(2):30-35.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubgencom/cgc-2015/cgc152e.pdf>
4. Pimentel Benítez H, Arrieta García R, Paz Román M, Trull Martínez A, Lechuga Carbó G, Pam Pino A. Mixoploide diploide/triploide; diagnóstico en el primer trimestre del embarazo, primer reporte en Cuba. Rev Cubana Genet Comunit.

2012;6(3):59-62. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubgencom/cgc-2012/cgc123j.pdf>

5. Boone SE, Hoffman AL, Donnai D, Tümer Z, Ravn K. Diploid/Triploid mosaicism: a rare event or a an under-diagnosed syndrome?. Eur J Med Genetics.2011;54(3):374-75.

6. Diaz-Véliz Jiménez P, Vidal Hernández B, González Santana I. Diagnóstico prenatal de triploidía. Reporte de un caso y revisión de la literatura .Revista Finlay [revista en Internet]. 2021 [citado 2024 jun 20]; 11 (2): [aprox.5p.]. <https://revfinlay.sld.cu/index.php/finlayarticle/view/913>

7. Zhou J, Wang B, Zhang Y, Zhang L, Xue Y, Li Y. Meiotic defects in human oocytes leading to poliploidy and spontaneous abortion. Hum Reprod. 2022 May;37(5):993-1005. <https://doi.org/10.1093/humrep/deac031>

8. Walbum P, Andreasen L, Geiswijk m, Niemann I, Sunde L. Aneuploidy is frequent in heterozygous diploid and triploid hidatiform moles. Scientific report, 14(1). 2024.Article 6876.. [citado 2024 junio 20];[aprox. 9 pag]. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/702519451/Walburn_et_al._2024_.Aneuploidy_is_frequent_in_heterozygous_diploid_and_triploid_hydatidiform_moles.pdf

9. Biesecker LG, Spinner NB. A genomic view of mosaicism and human disease. Nat Rev Genet.2023;24(5):271-286. <https://doi.10.1038/s41576-022-00561-x>

10. Zarate YA, Fish JL. Diploid/triploid mosaicism:refining the phenotypic spectrum. Am J. Med Genet A. 2023,191(1):28-37. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.62987>

11. Edwards JM, Park JP, Wurster-Hill DH, Graham Jr JM. Mixoploidy in humans: two surviving cases of diploid–tetraploidy mixoploidy and comparison with diploid–triploid mixoploidy. Am J Med Genet. 1994;52:324–330.

12. Natera-De Benito D, Póo P, gean E, Vicente-Villa A, García –Cazorla A, Fons-Estupiña C. Mosaicismo diploide/triploide: un fenotipo variable, pero característico. Rev Neurol 2014; 59:158-63.

https://www.researchgate.net/publication/264246527_Diploidtriploid_mosaicism_A_variable_but_characteristic_phenotype

13. Scott SA, Cohen N, Brandt T, et al. Phenotypic expansion in diploid/tetraploide mixoploidy: a multicenter case series. Genet Med. 2024; 26829:101006.

<https://doi.org/10.1016/j.g m.2024.101006>

14. Méndez Rosado LA, et al. Citogenética humana [internet]. La Habana. Editorial Ciencias – Médicas, 2024. <https://www.bvscuba/libro/citogenética-humana/>

15. David L. Sackett, R. Brian Haynes, Peter. Epidemiología clínica. Una ciencia básica para la medicina clínica. Ediciones Díaz Santos, S.A. 1989.Madrid. Capítulo 6. Hacer un pronóstico. Pp.236-37

16. Duque-Molina C. Protocolos de Atención Integral, una estrategia para las enfermedades crónicas. Rev Med. Inst Mex Seguro Soc. 2022;60 Supl 2:S1-3.

<https://revistamedica.imss.gob.mx/>

17. Arrieta García R, Núñez Rodríguez OL, Gómez Cardoso AL, Morales E. Los conexos derivados del diagnóstico psicopedagógico y la era genómica en el escenario de la superación profesional. Salud, Ciencia y tecnología. 2023;3:350.

<https://doi.org/10.56294/saludcyt2023350>

18. Illizastigui Dupuy F, Rodríguez Rivera L. El método clínico. MediSur [internet]. 2010; 8(5):2-11. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa> Id:

180020098002

19. Verma RS, Babú A. Human chromosomes. Principles and techniques 2nd New York: Pergamon Press, 1995:9-29.

20. González Díaz T, Llanes Mesa LL, Pimentel Benítez H. Variedades de cultivo de líquido amniótico para el diagnóstico in vitro de poliploidías. Gac. Med. Espirit. 2021; 23(3):62-73.ISSN1608-8921.

https://revgmespirituana.sld.cu/index.php/gme/article/view/2278/pdf_1

21. Marcheco Teruel B, Rojas Betancourt I, Lantigua Cruz A, Martínez Rey L, Benítez Cordero Y, Suárez Besil B, et al. Manual de normas y procedimientos. Servicios de genética médica en Cuba. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2017
22. Arrieta García R, Núñez Rodríguez OL, Morales Peralta E, Pelayo González HJ. Fenotipos clínicos en el diagnóstico sicopedagógico de las necesidades educativas especiales. Humanidades Médicas. 2023; 23(3):e2563.
<https://scielo.sld.cu/pdf/hmc/v23n3/1727-8120-hmc-23-03-e2563.pdf>
23. Laicabiosystems.com[Internet] California: Leica Biosystems division of Leica Microsystems, Inc.; 2024 [consultado 10 de junio de 2024]. Artifacts in histological and cytological preparations. <https://www.leicabiosystems.com/es/knowledge-pathway/artifacts-in-histological-and-cytological-preparations/>
24. American College of Medical Genetics. Standards and guidelines for clinical genetics laboratories. 2009 ed. United States of America: American College of Medical Genetics; 2010. <https://acmg.org/wp-content/uploads/2017/04/Standards-and-guidelines-for-clinical-genetics-laboratories-Citogenética-ACMG-2010.pdf>
25. Silva M, De Leeuw N, Mann K, Schuring-Blom H, Morgan S, Giardino D, Rack K, Hastings R. European guidelines for constitutional cytogenomic analysis. Eur J Hum Genet [Internet] 2019; 27:1-16.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6303289/pdf/41431-2018-Article-244.pdf>
26. Méndez Rosado LA, Quiñonez Masa IO. Diagnóstico Prenatal Citogenético mediante cultivo de amniocitos. Rev Cubana Genet Comunit 2009; 3 (1):7-15.
27. American College of Medical Genetics and Genomics. Technical standards for clinical genetics Laboratories. 2021 ed. United States of America: American College of Medical Genetics and Genomics; 2021.
https://www.acmg.net/PDFLibrary/Update_Section_E.pdf

28. Martínez de Santelices CA, Méndez Rosado LA, Soriano Torres M, García Rodríguez M. Mosaicismo Diploide/tetraploide en fibroblastos. Presentación de un caso. Rev Cubana Genet Comunit 2017; 11(2):57-60.

<https://revgenetica.sld.cu/index.php/gen/article/view/39/60>

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses respecto a este texto.

Contribución de los autores

- *Conceptualización*: Héctor Ignacio Pimentel Benítez, Aracelis Lantigua Cruz, Rosaralis Arrieta García
- *Curación de datos*: Rosaralis Arrieta García
- *Análisis formal*: Héctor Ignacio Pimentel Benítez
- *Investigación*: Héctor Ignacio Pimentel Benítez
- *Metodología*: Héctor Ignacio Pimentel Benítez
- *Supervisión*: Rosaralis Arrieta García, Cira Cecilia León Ramentol
- *Visualización*: Héctor Ignacio Pimentel Benítez, Zenia Téllez Peraza
- *Redacción borrador original*: Héctor Ignacio Pimentel Benítez, Rosaralis Arrieta García, Zenia Téllez Peraza
- *Redacción (revisión y edición)*: Héctor Ignacio Pimentel Benítez, Rosaralis Arrieta García, Zenia Téllez Peraza, Cira Cecilia León Ramentol