

Avistamientos de aves y análisis bioinformático en entornos rurales con estudiantes de la Institución educativa Ferralarada en Choachí (Colombia)

Bird sightings and bioinformatic analysis in rural settings with students from the educational institution Ferralarada in Choachí (Colombia)

Sergio Giovanni Bernal^{1*}, Gloria Cecilia Oñate Flórez², Astrid Viviana Ramírez Castro³ y Aidy Viviana Sánchez Martínez⁴

¹. Institución Educativa Departamental Técnica Agropecuaria (I.E.D.T.A.) Ferralarada. Choachí, Colombia.

² Docente I.E.D.T.A. Ferralarada. Choachí, Colombia.

³. Docente Universidad Distrital. Bogotá, Colombia.

⁴. ChoachíTours, Choachí, Colombia.

Recibido: Octubre 30 de 2020

Aceptado: Diciembre 15 de 2020

*Correspondencia del autor: Sergio Giovanni Bernal

E-mail: ser.giovanny@hotmail.com

<https://doi.org/10.47499/revistaacch.v1i32.218>

Resumen

Objetivo: La ejecución de esta investigación presenta dos objetivos principales: primero. Realizar avistamientos de aves en entornos rurales; con estudiantes de primaria, por medio del dibujo como herramienta descriptiva. Segundo. Desarrollar una metodología sencilla para realizar un análisis bioinformático rápido, utilizando el criterio de parsimonia. **Materiales y métodos:** El presente trabajo se desarrolló con la comunidad educativa de la Institución Educativa Departamental Técnica Agropecuaria Ferralarada; ubicada en el municipio de Choachí, Colombia. Como respuesta a la necesidad de continuar los procesos pedagógicos de la institución en materia ambiental y a los retos actuales de la educación presentados por la emergencia sanitaria del COVID-19. Se realizó una serie de actividades experimentales, que surgen de las aves como elemento motivacional. **Resultados.** Las actividades realizadas por los docentes de primaria a propósito de los avistamientos, han generado registros de dibujo y escritos, los cuales expresan las representaciones que tienen los estudiantes a propósito de su entorno natural. Se construyó un árbol filogenético basado en el criterio de parsimonia utilizando secuencias del gen COI extraídas de Genbank, y analizadas con los programas ClustalX, Nona y Asado. **Conclusión:** Las actividades ejecutadas a propósito de los avistamientos, han resultado ser viables y de fácil desarrollo con la comunidad educativa. La propuesta bioinformática se configura como una herramienta de análisis sencillo con validez procedimental, sin embargo, requiere avances conceptuales frente al manejo de programas y plataformas, así como disponibilidad de recursos tecnológicos para su implementación.

Palabras clave: Educación Ambiental, Bioinformática, Educación Rural, Parsimonia, Didáctica, Cytochrome Oxidase Subunit I (COI).

Abstract

Aim: The execution of this proposal has two main aim: 1. Perform bird watching in rural settings; with primary school students, using drawing as a descriptive tool. 2. Develop a simple methodology to perform a rapid bioinformatic analysis, using the parsimony criterion. **Materials and methods:** This work was developed with the educational community of the Institución Educativa Departamental Técnica Agropecuaria Ferralarada; located in the municipality of Choachí, Colombia. In response to the need to continue the pedagogical processes of the institution in environmental matters and to the current challenges of education presented by the health emergency of COVID-19. A series of experimental activities were carried out, arising from birds as a motivational element. **Results.** The activities carried out by the primary school teachers regarding the sightings have generated drawing and written records, which express the representations that students have of their natural environment. A phylogenetic tree was built based on the parsimony criterion using sequences of the COI gene extracted from Genbank, and analyzed with the ClustalX, Nona and Asado programs. **Conclusion:** The activities carried out in connection with the sightings have turned out to be viable and easy to develop with the educational community. The bioinformatics proposal is configured as a simple analysis tool with procedural validity, however, it requires conceptual advances in the management of programs and platforms, as well as the availability of technological resources for its implementation.

Keywords: Environmental Education, Bioinformatics, Rural Education, Parsimony, Didactics, Cytochrome Oxidase Subunit I (COI).

Introducción

La pandemia ocasionada por el COVID-19 ha generado una serie de incertidumbres y oportunidades en el campo de la educación en general. El replanteamiento de las actividades de enseñanza-aprendizaje ante la emergencia sanitaria decretada por el Gobierno Nacional, constituye el reto actual para la educación preescolar-básica y media de instituciones educativas de carácter público en Colombia. Es allí, donde se propone formular una estrategia didáctica en un ambiente educativo digital y a distancia, partiendo de las aves como elemento motivacional. Replanteando las actividades de aula desde las características propias del entorno natural (1) y la transversalidad (2).

Actualmente la institución educativa se encuentra en la necesidad de generar entornos virtuales en pandemia. Formulados, a partir de los contextos educativos y socioculturales de las comunidades rurales campesinas de Choachí. Es por ello, que se desarrollaron algunas actividades de aula con relación a su pertinencia (3). Particularmente, esta propuesta didáctica surgió desde el gusto de las aves, como respuesta a algunos problemas e intereses de una comunidad educativa (4,5). Es-

tas actividades didácticas de avistamientos de aves y bioinformática, se proponen desde el marco conceptual de educación ambiental y las ciencias experimentales (6,7), como una iniciativa que promueva la reflexión sobre la problemática ambiental global en diferentes contextos, además de trasladar la situación una modalidad virtual (8).

Se desarrollaron las actividades de aula desde un enfoque transversal, por medio de un entorno virtual que cumpla con la continuidad a los procesos educativos y que al mismo tiempo permita responder la cuestión de la educación ambiental sobre ¿Qué enseñar y cómo? (9,10). Para dar respuesta a esta inquietud, se elaboró una propuesta que corresponde a un trabajo mancomunado entre colegas y estudiantes que comparten un interés particular con las aves. Siendo estas, la excusa que permite el uso de múltiples estrategias. Entre ellas, los recursos virtuales de libre acceso, rápidos y de interfaz sencilla. Así como la exploración del medio a través del avistamiento de aves.

A partir de lo expuesto, se generó dos objetivos princi-

pales, los cuales se diferencian en relación con el tipo de herramienta utilizada, a los estudiantes a quien va dirigida la actividad y competencias requeridas para su ejecución. El primero fue realizar avistamientos de aves en entornos rurales; con estudiantes de primaria, por medio del dibujo como herramienta descriptiva. Este objetivo se ejecutó a partir de exploración del medio (11,12) y corresponde a una actividad de carácter experimental (13). Por medio del cual se busca la continuidad de una iniciativa ya ejecutada en la Institución Educativa Departamental Técnica Agropecuaria (I.E.D.T.A) Ferralarada, que involucro diferentes actividades de aula. Acorde a la emergencia sanitaria se realizó la reestructuración de los contenidos y programas para que los niños desde sus casas realicen los registros digitales con el celular, en dibujos y escribiendo anécdotas; constituyendo una propuesta que sistémica en el cual se trabaja asignaturas de español, artes, religión y ciencias naturales, principalmente.

Se implementó dicha propuesta con los niños de preescolar y primaria que aún no tienen el manejo de herramientas virtuales, o su uso restringido; y con ello busca rescatar la curiosidad de los estudiantes a propósito de la naturaleza (14). Adicionalmente, se propone explotar el contexto del entorno rural de los ecosistemas andinos, como enfoque ambiental y de promoción de la conservación para el municipio de Choachí (15-17), que se caracteriza por una alta diversidad y riqueza de aves: Lo anterior se debe a su ubicación cercana al Parque Nacional Natural Chingaza (18).

En otro contexto que no es el local se elaboró la metodología bioinformática virtual frente a la necesidad del manejo de herramientas modernas para el análisis en ciencias biológicas (19,20). Sin embargo, este tipo de actividades no son frecuentes en la media académica ya que es indispensable desarrollar competencias procedimentales y de lenguaje; para el manejo de plataformas o espacios virtuales que permitan simular análisis y comprender resultados (21,22). Por ello se desarrolló el segundo objetivo con base en una metodología sencilla

para realizar un análisis rápido, utilizando el criterio de parsimonia. Se realizaron análisis filogenéticos del género *Amazilia* empleando 32 secuencias para el marcador molecular Cytochrome Oxidase Subunit 1 (CO1). De manera que, a lo largo del uso de estas herramientas se pueda abordar contenidos sin tener las restricciones de tiempo y conocimiento que exigen modelos bayesianos.

De igual manera, esta iniciativa bioinformática promueve la educación ambiental a través del modelo pedagógico experimental, manteniendo la misma perspectiva ambiental y concepciones pedagógicas trabajadas en los avistamientos (23,24). Ajustado a otro contexto disciplinar particular, haciendo uso de herramientas TICs para la comprensión del conocimiento a través de diferentes métodos de aproximación a la ciencia (10,25). Así mismo, esto responde a unos gustos e intereses que se han generado en medio de una problemática ambiental local y el gusto por las aves; para este caso, los colibríes.

Materiales y métodos.

Se realizó una estrategia de observación a través de la ventana con estudiantes de preescolar y primaria por medio del dibujo, anécdotas, reconocimiento del canto, y fotografía como herramienta descriptiva, basándose principalmente en el aprovechamiento de contexto medioambiental (26). Las comunidades campesinas de Choachí se sitúan principalmente en un gradiente altitudinal entre los 1800 y 3100msnm, hacia el nororiente y oriente del municipio. Con características de uso de suelo agrosilvopastoril con influencia de bosque andino, por su cercanía con el Parque Nacional Natural Chingaza (15,27, Figura 1). En consecuencia, esto se presenta como una gran zona de presencia de aves cuya diversidad varía con respecto a la altitud. De allí la estrategia que permite el fortalecimiento de las actividades pedagógicas (dibujo, relato, observación) por medio de las cuales se obtiene los conocimientos, actitudes y representaciones (14), que presentan los estudiantes con relación a la avifauna colombiana, la conservación, la educación ambiental.

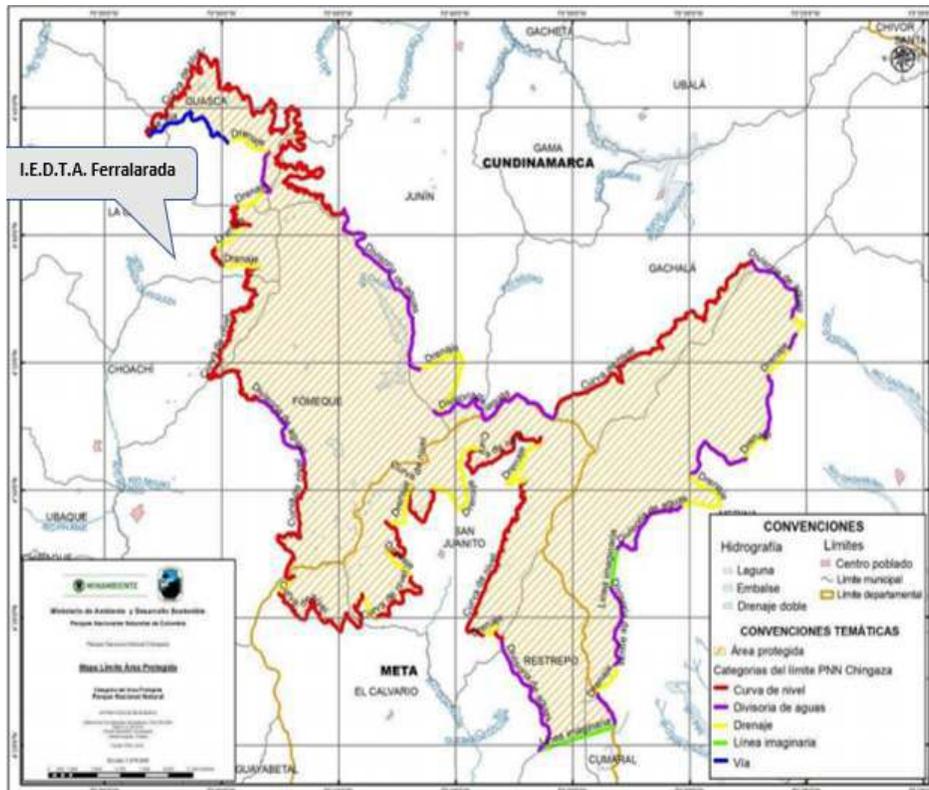


Figura 1. Límite del PNN Chingaza escala 1:100.000. Resolución 0550 de 1998. Y ubicación de I.E.D.T.A. Ferralarada (15,27).
 Nota: la Institución (señalada I.E.D.T.A. Ferralarada) se encuentra ubicada aproximadamente a 6km del parque nacional natural Chingaza.

Tabla 1. Secuencias COI del género *Amazilia* (colibrí). y una del grupo externo *Thalurania Furcata* (colibrí).

Accession:	Especie	Accession:	Especie
JX487915.1	1. <i>Thalurania Furcata</i>	JQ173982.1	18. <i>Amazilia amabilis</i>
DQ433296.1	2. <i>Amazilia yucatanensis</i>	JQ173983.1	19. <i>Amazilia amabilis</i>
EU442323.1	3. <i>Amazilia rutila</i>	JQ173984.1	20. <i>Amazilia edward</i>
FJ027048.1	4. <i>Amazilia versicolor</i>	JQ173985.1	21. <i>Amazilia fimbriata</i>
FJ027049.1	5. <i>Amazilia versicolor</i>	JQ173986.1	22. <i>Amazilia fimbriata</i>
FJ027761.1	6. <i>Amazilia chionogaster</i>	JQ173987.1	23. <i>Amazilia fimbriata</i>
FJ027762.1	7. <i>Amazilia chionogaster</i>	JQ173988.1	24. <i>Amazilia tzcatl handleyi</i>
FJ027763.1	8. <i>Amazilia chionogaster</i>	JQ173989.1	25. <i>Amazilia tzcatl handleyi</i>
FJ027764.1	9. <i>Amazilia chionogaster</i>	JQ173990.1	26. <i>Amazilia tzcatl handleyi</i>
JN801949.1	10. <i>Amazilia fimbriata</i>	JQ173991.1	27. <i>Amazilia tzcatl</i>
JQ173928.1	11. <i>Amazilia brevirostris</i>	JQ173992.1	28. <i>Amazilia tzcatl</i>
JQ173929.1	12. <i>Amazilia leucogaster</i>	JQ173993.1	29. <i>Amazilia tzcatl</i>
JQ173930.1	13. <i>Amazilia leucogaster</i>	JQ173994.1	30. <i>Amazilia viridigaster</i>
JQ173931.1	14. <i>Amazilia leucogaster</i>	KM894273.1	31. <i>Amazilia rutila</i>
JQ173932.1	15. <i>Amazilia versicolor</i>	KM894274.1	32. <i>Amazilia rutila</i>
JQ173933.1	16. <i>Amazilia versicolor</i>	KM894275.1	33. <i>Amazilia rutila</i>
JQ173981.1	17. <i>Amazilia amabilis</i>		

Nota: Secuencias de libre acceso obtenidas de GenBank (31) que corresponden al género *Amazilia* (Colibrí).

Para el análisis bioinformático se seleccionó un grupo de interés de colibríes del género *Amazilia*, los cuales se han tomado de referencia ya que son observados por habitantes en los bosques andinos de la zona alta de la vereda Ferralarada. Se exportaron 32 secuencias en formato FASTA (Tabla 1). Y una secuencia del grupo externo cercano que corresponde al género *Thalurania*. Se determinó un solo marcador molecular: Cytochrome Oxidase Subunit 1 (COI) (28). El cual constituye uno de los marcadores mayormente utilizados para compren-

der la filogenia en animales. (29-31, Tabla 1).

Posteriormente se realizó un análisis progresivo o alineamiento múltiple donde se varía los GP de una manera específica de secuencia y posición, lo que ayuda a alinear secuencias de diferente longitud y similitud; esto permite una alineación progresiva con las secuencias en pares (28, 32). La interfaz utilizada fue Evolutionary Genetics Analysis, MEGA. (33, Figura 2).

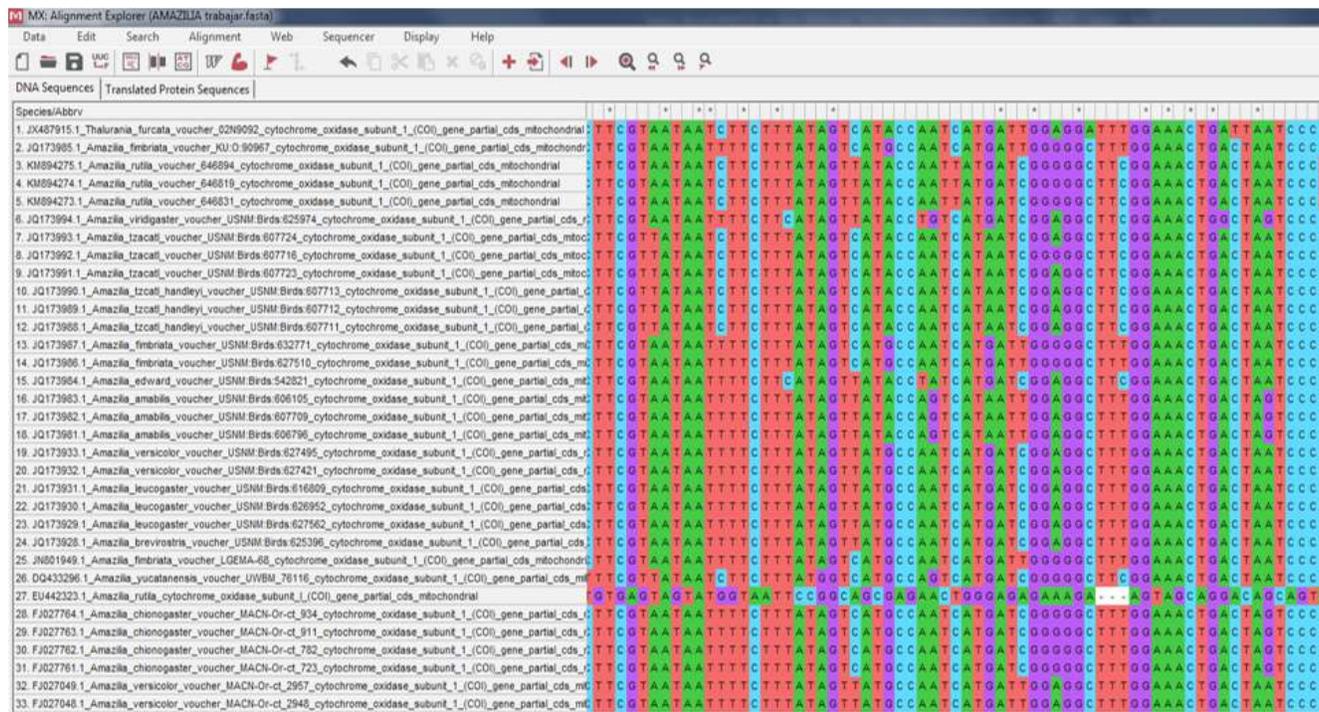


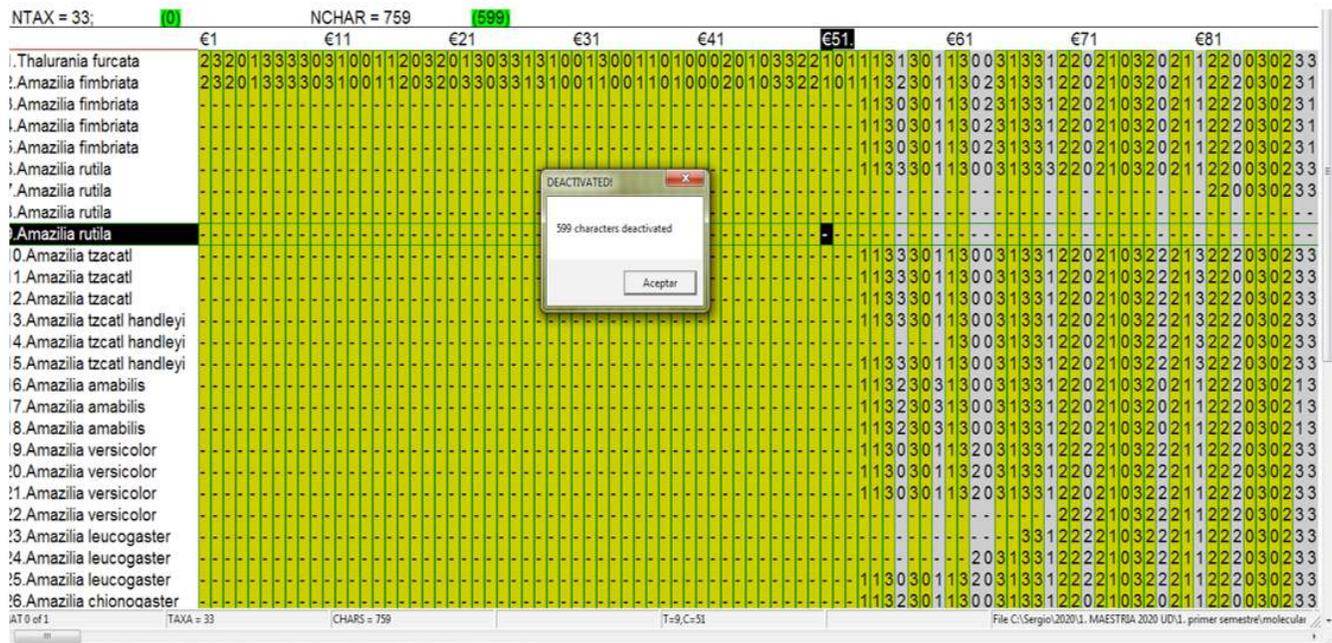
Figura 2. Resultado alineamiento múltiple utilizando ClustalW (32).

Nota: Resultado de alineamiento múltiple utilizando ClustalW y visualizado por medio de la interfaz de MEGA (33).

Se realizó la edición del alineamiento en Notepad++ (34). Para modificar los espacios entre nombres y otros caracteres como símbolos. Ya que esto impide importar la secuencia a través de otras plataformas. Finalmente, dicho alineamiento fue importado por medio de la interfaz ASADO (35). Para el análisis de parsimonia se realizó una selección de todas las secuencias y se ex-

cluye los caracteres no informativos (599 caracteres) que impiden un rápido análisis (Figura 3A). Por medio la pestaña Heuristics, se modificaron los parámetros para permitir resultados robustos. *Maximun tres to keep 10000, Number of replications 30, Starting Trees per rep 5* (35, Figura 3B).

A)



B)

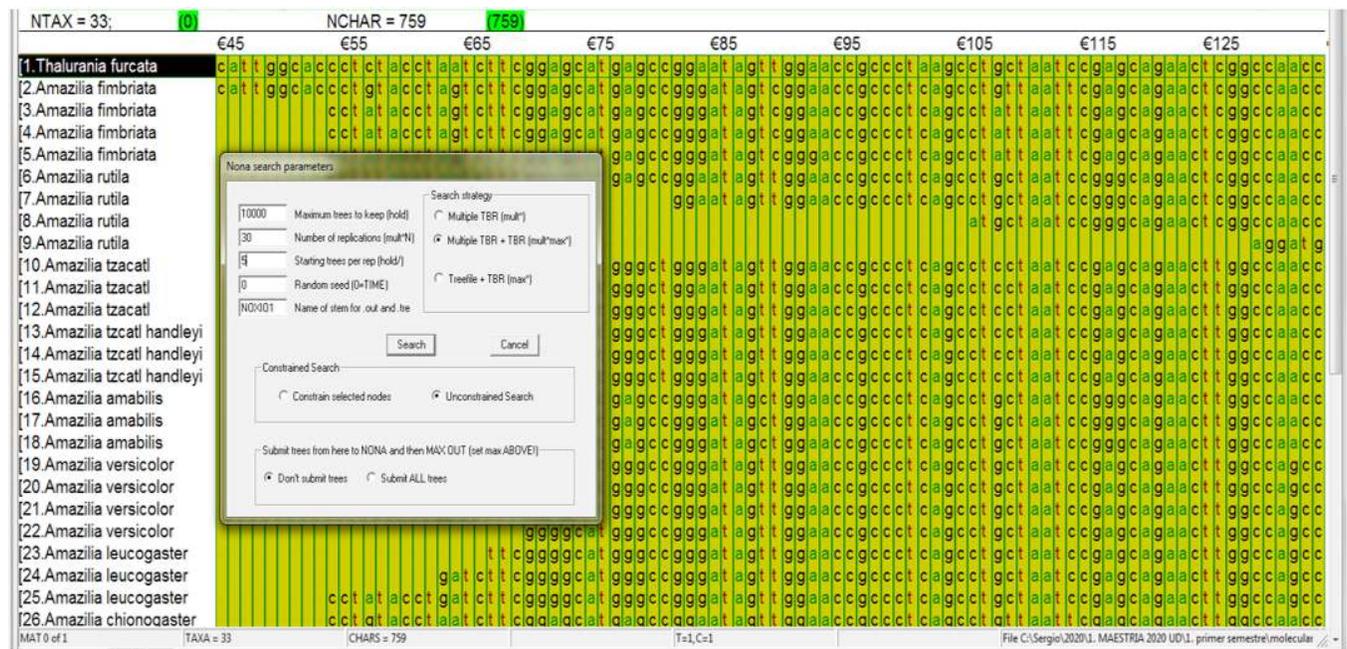


Figura 3. Visualización de alineamiento múltiple utilizando ClustalW, a través de la interfaz ASADO (35).

A), alineamiento obtenido en CLUSTALW con 599 caracteres no informativos excluidos para el análisis; B) edición a selección de análisis Heuristics, (Maximun tres to keep 10000, Number of replications 30, Starting Trees per rep 5).

Resultados.

A propósito de las experiencias de avistamiento a través de la ventana se desarrolló distintos tipos de actividades: A. Los dibujos (Figura 4). Las anécdotas, reconocimiento del canto, la fotografía, etc. En el presente trabajo se muestra solo una pequeña porción de la construcción de representaciones por parte de los estudiantes y acudientes (14), que parten de un contexto cultural y ambiental propio de la región, con el que los niños se sienten identificados (36). Los participantes manifiestan explícitamente el gusto hacia las aves y el amor por la

naturaleza. Una de las anécdotas de los estudiantes es: “*A mí me gusta pajarear, significa salir a observar aves, por que acompañaba a mi papá, yo quería conocer más de las aves, luego de un tiempo aprendí a identificar algunas, Mi profesora en la escuela le decía a mi mamá que yo no ponía atención a la clase por estar mirando en la ventana, para ver qué colibríes llegaban al jardín de mi escuela, el que más me gusta es el ave Esvia, el Nuca o el Cometa colilargo*” Diego Alexander Rodríguez Raigozo, Grado Cuarto, I.E.D.T.A. Ferralarada.



Figura 4. Actividades desarrolladas con estudiantes de la I.E.D.T.A. Ferralarada

Nota: Ilustración de estudiantes de primaria: Arriba izquierda; Harold Edilberto Cotrino Cifuentes, Grado Segundo. Arriba Centro; Diego Alexander Rodríguez Raigozo, Grado Cuarto. Arriba Derecha: Juan David Amortegui Cifuentes, Grado Segundo. Abajo Izquierda; María José Villalobos, Grado Segundo. Abajo Centro; Edwin Santiago Amortegui Cifuentes, Grado Primero. Abajo Derecha: Nidia Constanza Chau Pulido, Madre de familia.

El proyecto de las aves ha sido transversalizado en grado primero con áreas como ciencias naturales, ética y valores, artística y castellano, pero por iniciativa propia los niños han integrado el área de religión, en una actividad en la cual se leía el relato bíblico de “El arca de Noé” en la parte final donde dice: “...después de cuarenta días, Noé abrió la ventana de la barca que había hecho y soltó una paloma para ver si la tierra ya estaba seca; pero la paloma regresó a la barca porque no encontró ningún lugar donde descansar, pues la tierra todavía estaba cubierta de agua. Noé esperó otros siete días y volvió a soltar la paloma. Ya empezaba la noche

cuando la paloma regresó trayendo una ramita de olivo en el pico. Así Noé se dio cuenta que la tierra se iba secando. Esperó siete días más y volvió a enviar la paloma; pero la paloma ya no regresó...” Un estudiante de preescolar comentó: *Las aves son tan importantes que hasta Diosito iluminó a Noé, para enviar la paloma y supiera cuando se podían bajar del arca.*

Con relación al análisis bioinformático, Se obtuvo la evaluación preliminar de 32 secuencias COI del género *Amazilia* y una secuencia COI del género *Talurania* correspondiente al grupo externo (Figura 5). Sobre este

resultado se realizó un análisis estadístico Bootstrap con 599 secuencias no informativas silenciadas, por medio de la interfaz Nona (37) Bootstrap/jackknife/CR with NONA, (Number of replications 1000, Number of search 5, Starting tres per rep. 2). Los porcentajes de este último resultado se ubica en las ramas del análisis bioinformático. Los cuales permiten establecer que las ramas presentan porcentajes superiores al 66%, estos valores por encima del 50% significa que: en un porcentaje dado de las réplicas esa relación se mantuvo, y en consecuencia las ramas probablemente se mantengan si se incluyen otras secuencias (37, Figura 6).

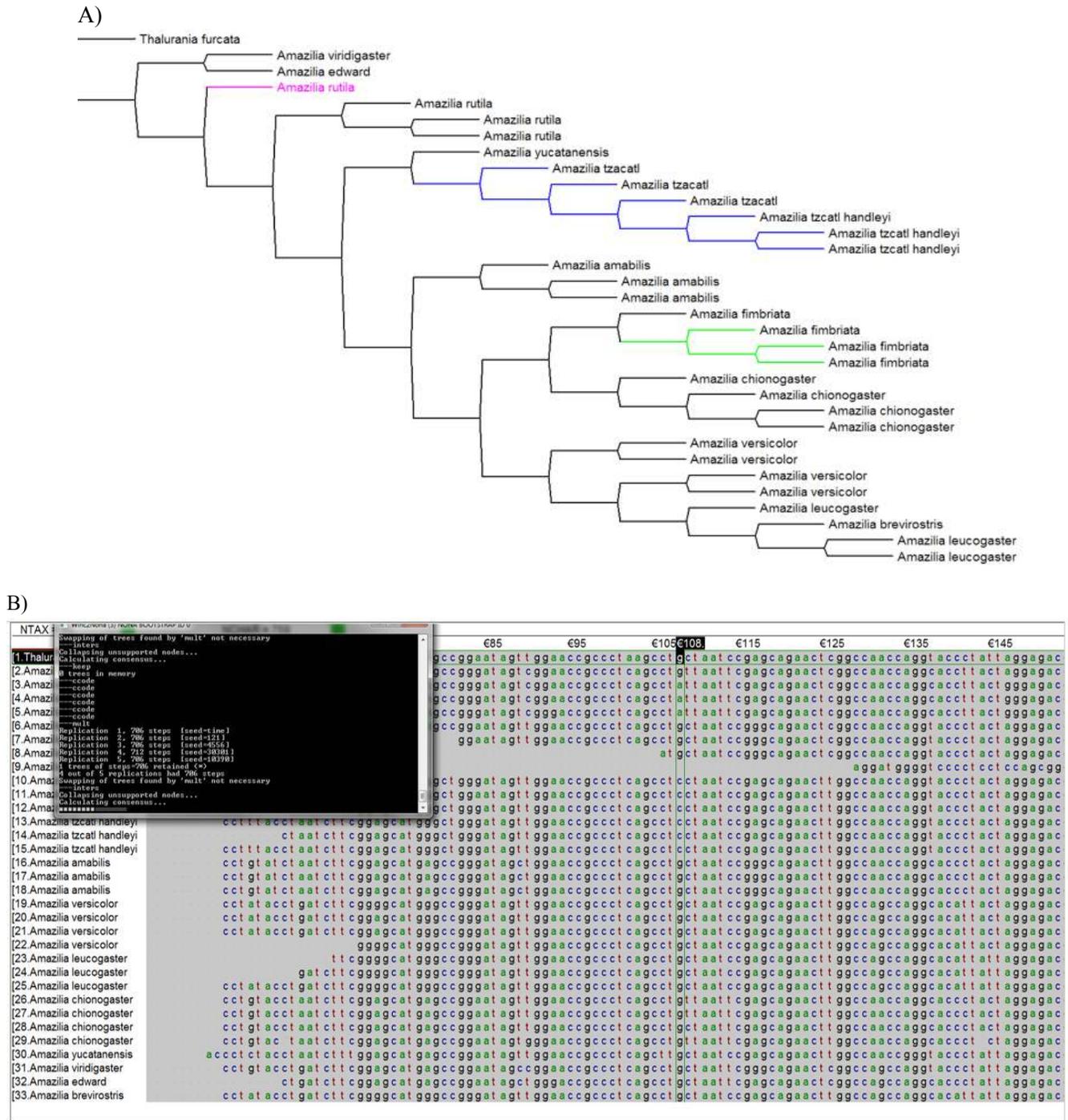


Figura 5. Árbol filogenético, utilizando el criterio de parsimonia a través de: ASADO (35) y NONA (37)
 A). Análisis bioinformático utilizando 32 secuencias COI del género *Amazilia* (Colibrí); y una secuencia COI del género *Talurania* (Colibrí) correspondiente al grupo externo; B). Análisis estadístico boobtraap con 599 secuencias no informativas silenciadas para el análisis: *Bootstrap*, (Number of replications 1000, Number of search 5, Starting tres per rep. 2).

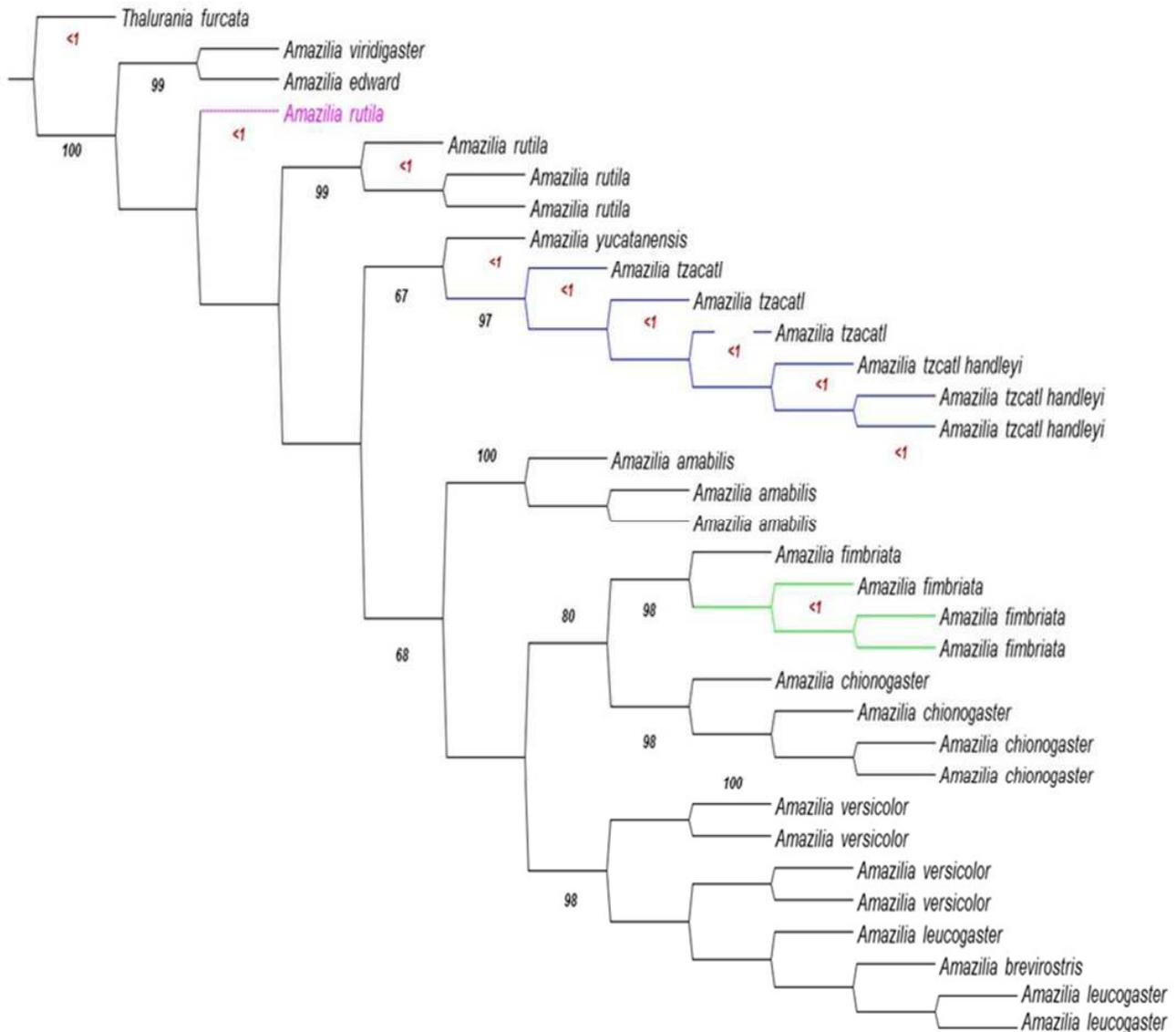


Figura 6. Análisis bioinformático, utilizando el criterio de parsimonia y soporte estadístico Bootstrap a través de: NONA (36) Nota: Análisis Bioinformático para 32 secuencias COI del género *Amazilia* (Colibrí); y una secuencia COI del género *Talurania* (Colibrí) correspondiente al grupo externo. Utilizando el criterio de Parsimonia. Los datos en las ramas corresponden al soporte estadístico *Bootstrap*.

Discusión

La observación de aves en la I.E.D.T.A Ferralarada a través de avistamiento de aves, presenta las condiciones que permiten fomentar la conservación a través de la educación ambiental (16,17,36), así lo propuesto Emma en el 2016 (11), quien realizó observaciones de aves con niños en similares condiciones. Sin embargo, a través de la ventana también se promueve el conocimiento ambiental a través de un enfoque experimental (7). La diferencia más significativa radica en: 1. El contexto socio-cultural-ambiental y 2. La presencialidad.

Se generó, la participación de la comunidad en torno a los problemas ambientales locales; promoviendo su

protección y la conservación de los ecosistemas andinos, así como las especies que lo constituyen. En consecuencia, se configuraron actividades a distancia que involucra un entorno ambiental y cultural próximo a las comunidades rurales de Choachí. Lo que derivó en la construcción de representaciones asociadas al medio ambiente. Dichos valores se deben fomentar en el aula para permitir la conservación. Lo anterior, atendiendo el reto y la resiliencia que amerita la educación frente a las medidas decretadas en Colombia por la pandemia ocasionada del COVID-19.

Frente a la propuesta bioinformática se encuentra que hay una limitación de lenguaje inherente a el área mis-

ma de desempeño y por las prácticas realizadas, ya que en una etapa inicial el rol del docente surgió de una propuesta limitada a partir del género *Amazilia*, el cual interpone restricción sobre los contenidos mismos de la disciplina hacia los estudiantes, a pesar de presentarse una propuesta experimental que puede generar estas dificultades (38). En consecuencia se puede limitar las habilidades debido a la imposición de las estrategias procedimentales. Así mismo el desarrollo de esta estrategia impone un lenguaje propio de la programación informática; lo cual puede considerarse muy relacionado con el modelo pedagógico tradicional; es decir, que la herramienta tecnológica en sí misma, por ser virtual no la hace novedosa e innovadora. De hecho, muchas de las propuestas de educación bioinformáticas se basan en estrategias procedimentales a través de plataformas (19,21). Con la diferencia de que dichos estudios son financiados principalmente por y en universidades.

Debido a lo anterior, se aclara que lo novedoso corresponde a las experiencias integradoras de problemáticas ambientales locales generadas en un ambiente de Pandemia, utilizando aproximaciones metodológicas y conceptuales poco frecuentes en la educación media, con contenidos actualizados en el campo de la biología molecular y bioinformática. Es prudente advertir, que el creciente auge de modelos pedagógicos alternativos basados en hechos o contextos sociales pueden llegar a ser más efectivos, como se ha evidenciado con observaciones a través de la ventana; inclusive la crítica a esta propuesta es evidente. Pero ante la avalancha tecnológica de la era genómica es importante empezar a desarrollar propuestas y actividades que permitan comprender el estado actual de la vida. Esto se logra partiendo de

su misma concepción y métodos de trabajo (10,20,22).

Los análisis desarrollados permiten tener aproximaciones conceptuales de la ciencia computacional y las ciencias biológicas; matemáticas, integradas a través del lenguaje de la bioinformática. Lo que supone, la esencia del criterio de parsimonia; en el cual se integró diferentes asignaturas o perspectivas en un mismo trabajo práctico. Constituyendo así, una propuesta sistémica desde diferentes áreas. Queda mucho por construir aun en el campo de la pedagogía ya que la mayor parte de actividades en programación obedecen a un proceso lógico vertical en función del lenguaje de la programación. En el cual, los docentes nos encontramos en construcción y por ello se utiliza la misma estrategia de aprendizaje para su enseñanza.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Distrital y sus docentes. A toda la comunidad educativa de la Institución Educativa Departamental Técnica Agropecuaria Ferralanda y principalmente a los estudiantes por su resiliencia ante la pandemia. Al parque Nacional Natural Chingaza por su constante apoyo. A la Sra Omaira Cifuentes y su familia por su motivación, así como, a todos los interesados en apoyar esta propuesta que busca fortalecer la identidad y nuestras representaciones acerca de las aves. Lo que ha generado confianza en la comunidad para seguir trabajando de manera desinteresada, en nuevas acciones en pro de la conservación de los montes andinos y sus aves.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Barata, R., Castro, P., & Martins Loução, M. A. (2017). How to promote conservation behaviours: the combined role of environmental education and commitment. *Environ Educ Res*, 23(9), 1322-1334. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1219317>
2. Çağan, H. S. (2012). Promoting community-based bird monitoring in the tropics: Conservation, research, environmental education, capacity-building, and local incomes. *Biol Conserv*, 151(1), 69-73. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.10.024>
3. White, R., Eberstein, K., & Dawn, M. (2018). Evaluating the effectiveness of an urban environmental education project in enhancing school children's awareness, knowledge and attitudes towards local wildlife. *PLoS ONE*, 13(3), e0193993. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193993>
4. Cailly Arnulphi, V. B., Lambertucci, S. A., & Borghi, C. E. (2017). Education can improve the negative perception of a threatened long-lived scavenging bird, the Andean condor. *PLoS ONE*, 12(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185278>
5. Jickling, B. (2003). Environmental Education and Environmental Advocacy: Revisited. *J Environ Educ*, 34(2), 20-27. <https://doi.org/10.1080/00958960309603496>
6. Thomas J, M. (2009). Contemporary Challenges and Opportunities in Environmental Education: Where Are We Headed and What Deserves Our Attention?. *J Environ Educ*, 41(4), 34-54. <https://doi.org/10.1080/00958960903210015>
7. Zambrano Leal, A. (2013). Pedagogía Experimental, Psicopedagogía y Ciencias de la Cducación en Francia. *Rev Pilquen*(10).
8. Mulder, N., Schwartz, R., Brazas, M., Brooksbank, C., Gaeta, B., Morgan, S. L., . . . Welch, L. (2018). The development and application of bioinformatics core competencies to improve bioinformatics training and education. *PLoS Comput Biol* 14(2), e1005772. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005772>
9. Stewart, A. (2020). Developing Outdoor Environmental Education Pedagogy Responsive to Australian Natural History with Gregg Müller. En *Developing Place-responsive Pedagogy in Outdoor Environmental Education, International Explorations in Outdoor and Environmental Education*. Springer, Cham, Pp, 157-169. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40320-1_11
10. Jackman, S. D., Mozgacheva, T., Chen, S., O'Huiginn, B., Bailey, L., Birol, I., & Jones, S. (2019). ORCA: a comprehensive bioinformatics container environment for education and research. *Bioinformatics*, 35(21), 4448-4450. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btz278>
11. Emma, G. (2016). Bird watching with young children. *Every Child*, 22(3), 40-41. <https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=462953248106834;res=IELHSS>ISSN:1322-0659>
12. Pasquali, T., Acedo, D. B., Lourdes, D. M., & Ochoa, P. B. (2011). Propuesta para una estrategia didáctica en educación ambiental: la observación de aves. *Educere*, 15(52), 543-650.
13. Otto, S., & Pensini, P. (2017). Nature-based environmental education of children: Environmental knowledge and connectedness to nature, together, are related to ecological behaviour. *Glob Environ Change*, 47, 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.009>
14. Berat, A. (2016). Flying, feathery and beaked objects: Children's mental models about bird. *Int Electron J Environ Educ*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.18497/iejee-green.44345>
15. Linares-Romero, L., Acevedo, O., & et al. (2020). Aves del Parque Nacional Natural Chingaza y zona de amortiguación, Cordillera Oriental de Colombia. *Biot Col*, 21(1), 117-129. <https://doi.org/10.21068/c2020.v21n01a09>
16. Rodríguez, V., & Ricardo, D. (2017). Sobrevolando el mundo de las aves: una estrategia en la enseñanza y la conservación de las aves. *Bio-grafía*, 10(18), 63-73. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.10num.18bio-grafia63.73>
17. Tàbara, J. D. (2006). Las aves como naturaleza y la conservación de las aves como cultura. *Papers*, 82, 57 - 77. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers.2049>
18. Ayerbe, Q. (2018). Guía ilustrada de la avifauna colombiana. Puntoaparte bookvertising.
19. Porter, S. G., & Smith, T. M. (2019). Bioinformatics for the Masses: The Need for Practical Data Science in Undergraduate Biology. *OMICS*, 23(6), 297-299. <https://doi.org/10.1089/omi.2019.0080>
20. Mangul, S., Martin, L. S., Langmead, B., Sanchez-Galan, J. E., Toma, I., Hormozdiari, F., . . . Eskin, E. (2019). How bioinformatics and open data can boost basic science in countries and universities with

- limited resources. *Nat Biotechnol*, 37, 324–326. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0053-y>
21. Bennett, J. A. (2020). The CURE for the Typical Bioinformatics Classroom. *Front Microbio*, 11, 1728. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01728>
 22. Ryder, E., Morgan, W., Sierk, M., Donovan, S., Robertson, S., Orndorf, H., et. al. (2020). Incubators: Building community networks and developing open educational resources to integrate bioinformatics into life science education. *Biochem Mol Biol Educ*, 48(4), 381-390. <https://doi.org/10.1002/bmb.21387>
 23. Gómez, C. J., Monrroy, B., & Bonilla, T. (2019). Caracterización de los modelos pedagógicos y su pertinencia en una educación contable crítica. *Entramado*, 15 (1), 164 -189. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.5428>
 24. Gina, P., & Trudi L, V. (2002). Ten Years of Teacher Workshops in an Environmental Problem-Solving Model: Teacher Implementation and Perceptions. *J Environ Educ*, 34(2), 10-20. <https://doi.org/10.1080/00958960309603496>
 25. Pucker, B., Schilbert, H. M., & Schumacher, S. F. (2019). Integrating Molecular Biology and Bioinformatics Education. *J Integr Bioinform*, 16(3), 1-7. <https://doi.org/10.1515/jib-2019-0005>
 26. Santos, F., Souto, w., Ribeiro, A., Lucena, R., & Guzzi, A. (2020). Traditional knowledge and perception of birds in the Parnaíba Delta environmental protection area, Northeast Brazil. *Acta Sci Biol Sci*, 42(1), e47722. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v42i1.47722>
 27. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2020). Geoport: Clasificación de Tierras por su Vocación de Uso; Ubicación Choachí, Colombia. Retrieved from <https://geoport.igac.gov.co/contenido/agrologia-consulta>
 28. Paradis, A. (2006). *Analysis of Phylogenetics and Evolution with R*. United States of America. Springer.
 29. Lemey, P., Salemi, M., & Vandamme, A. (2009). *The Phylogenetic Handbook*. 2da Edition. New York: Cambridge University Press.
 30. Hebert P, D. N., Penton E, H., Burns J, M., Janzen D, H., & Hallwachs, W. (2004). Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly. *Astraptes fulgerator*. *Proc Natl Acad Sci USA*, 101(41), 14812–14817. <https://doi.org/10.1073/pnas.0406166101>
 31. GenBank. (23 de agosto de 2020). Amazilia. [Resultado de búsqueda]. National Center for Biotechnology Information. Obtenido de Búsqueda de secuencias COI, en el género *Amazilia* (colibríes). Generado 24 de agosto, 2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/?term=Amazilia+COI>
 32. Thompson, J., Higgins, D., & Gibson, T. (1994). CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucle acids rese.*, 22(22), 4673-80. <https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673>
 33. Koichiro, K., Daniel, P., Alan, F., & Sudhir, K. (2013). *Molecular Evolutionary Genetics Analysis, MEGAX*. (Versión. X); [computer program]. (30), 2725-29. Recuperado el 01 de sep de 2020
 34. Don, H. (2003). *Notepad++*. (Versión 7.8.9).
 35. Nixon, K. (1999). *ASADO*, version 1.61. Ithaca, NY; [computer program]. Recuperado el 07 de jul de 2020
 36. Perdomo, A. O., Salazar-Báez, P., & Fernández-L, L. (2018). Avifauna local: una herramienta para la conservación, el ecoturismo y la educación ambiental. *Ciencia en Desarrollo*, 9(2), 0121 - 7488. <https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n2.2018.7701>
 37. Goloboff, P. (1993). *Nona*. (Versión. 2.0); [computer program]. Recuperado el 07 de jul de 2020.
 38. Olaya Abril, A., & Cejas Molina, M. (2018). Bioinformática como recurso educativo: Proyecto de ingeniería genética. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(1), 174. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10027>