

Presentación de la Tesis Doctoral: “Aporte del Análisis Estadístico Implicativo a Learning Analytics”

Rubén Antonio Pazmiño Maji
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador
rpazmino@esPOCH.edu.ec

Resumen

Esta es la presentación de la Tesis Doctoral de D. Rubén Antonio Pazmiño Maji titulada “Aporte del Análisis Estadístico Implicativo a Learning Analytics”, realizada en el Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca, que fue defendida el 23 de noviembre de 2021 de forma online. Esta tesis recibió la máxima calificación de “Sobresaliente Cum Laude”.

En los últimos años, la Analítica de Aprendizaje (LA, del inglés *Learning Analytics*) es una línea de investigación que va creciendo considerablemente. Partiendo de la definición dada en la primera Conferencia de Analíticas de Aprendizaje y Conocimiento (LAK'11): “Las Analíticas de Aprendizaje son la medición, recopilación, análisis y comunicación de datos sobre los estudiantes y sus contextos, a efectos de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en que se producen”; podemos observar que LA converge al aprendizaje y a la educación.

El Análisis Estadístico Implicativo (ASI, del francés *Analyse Statistique Implicative*) se originó hace más de 40 años en la didáctica de la matemática y se aplica actualmente en la educación y otras áreas. El ASI, permite encontrar reglas de asociación entre variables y grupos de variables basándose en la definición de cuasi-implicación: si consideramos dos subconjuntos aleatorios y disjuntos $X, Y \in E$, elegidos al azar y de igual cardinalidad de A y B respectivamente; se dice que la cuasi-implicación entre a y b ($a \rightarrow b$) es admisible al nivel de confianza $1 - \alpha$, si y solo si $Pr[Card(X \cap \bar{Y}) \leq Card(A \cap \bar{B})] \leq \alpha$.

LA y ASI convergen las dos al campo educativo, entonces con el propósito de profundizar en el aporte del ASI a LA, se planteó el siguiente problema de investigación ¿Existen elementos comunes entre el ASI y LA, se puede determinar el aporte del ASI a LA?

Utilizando varias revisiones sistemáticas por aproximadamente 11 años y la teoría de conjuntos, se demostró que el ASI y LA al menos son comunes en el campo educativo y en tres métodos de análisis: minería de relaciones, descubrimiento de estructura y estadísticas, según las clasificaciones de Baker e Inventado y Papamitsiou y Economides. Se profundizó en la comparación de la complejidad algorítmica entre las técnicas de análisis comunes entre LA y ASI, debido a que LA frecuentemente necesita el análisis de grandes cantidades y nuevos tipos de datos surgidos de fuentes diversas tales como tuits, páginas web, redes sociales, emails, foros, chats, etc. Con este propósito, se utilizó un diseño pre-experimental del tipo un solo grupo aleatorio de la forma RGXO₁. Se encontraron importantes resultados estadísticos sobre tiempo de ejecución y espacio de memoria entre cinco técnicas de análisis clúster y cuatro técnicas de reglas de asociación del ASI y LA.

Los aportes encontrados se los determinaron: desde la definición de LA dada en LAK 2011, desde las técnicas del ASI y desde la comparación de la complejidad algorítmica entre técnicas comunes entre el ASI y LA. Además, se describen detalladamente las opciones adicionales de las técnicas ASI factibles de aportar a LA.

Se ha promovido también la colaboración entre el Análisis Estadístico Implicativo y las Analíticas de Aprendizaje, proponiendo futuras investigaciones de beneficio común.

Palabras clave

analíticas de aprendizaje, análisis estadístico implicativo, técnicas clúster, técnicas de reglas de asociación, complejidad algorítmica, Rchic.

Enlaces a la memoria de tesis doctoral

Memoria de la tesis: <https://bit.ly/3GYD7pH>

Referencia recomendada de la tesis doctoral

R. A. Pazmiño Maji, "Aporte del Análisis Estadístico Implicativo a Learning Analytics," PhD, Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento, Universidad de Salamanca, Salamanca, 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3GYD7pH>

Enlace a la presentación

<https://bit.ly/3FghrF5>

Referencias

- Aaten, A. B., van den Heuvel-Panhuizen, M., y Elia, I. (2016). Kindergartners' perspective taking abilities. in *Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, University of Rzeszów, Poland, Vol. 1822.
- Acevedo, J. C. B. (2006). *Matemáticas avanzadas y estadística para ciencias e ingenierías*. Universidad de Sevilla.
- Acioly-Regnier, N., y Regnier, J.-C. (2007). *Analyse cohésitive et interprétations des données dans le champ de l'éducation*.
- Agrawal, R., Imieliński, T., y Swami, A. (1993). Mining association rules between sets of items in large databases. *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, 207-216. <https://doi.org/10.1145/170035.170072>
- Aguilar, J., Cordero, J., y Buendía, O. (2017). Specification of the Autonomic Cycles of Learning Analytic Tasks for a Smart Classroom. *Journal of Educational Computing Research*, 56(6), 866-891.
- Aguilar, J., Sánchez, M., Cordero, J., Valdiviezo-Díaz, P., Barba-Guamán, L., y Chamba-Eras, L. (2018). Learning analytics tasks as services in smart classrooms. *Universal Access in the Information Society*, 17(4), 693-709.
- Aguilar, J., Valdiviezo, P., Cordero, J., Riofrio, G. y Encalada, E. (2016). A General Framework for Learning Analytic in a Smart Classroom. In R. Valencia-García, K. Lagos-Ortiz, G. Alcaraz-Mármol, J. del Cioppo, & N. Vera-Lucio (Eds.), *Technologies and Innovation* (pp. 214-225). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48024-4_17
- Aguilar, J., Valdiviezo-Díaz, P., y Teran L., T. L. M. A. (2017). Learning analytic in a smart classroom to improve the eEducation. 2017 4th International Conference on EDemocracy and EGovernment, ICEDEG 2017. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2017.7962510>
- Allaire, J. (2012). RStudio: Integrated development environment for R. *Boston, MA*, 770(394), 165-171.
- Almenara Barrios, J., Silva Ayçaguer, L. C., Benavides Rodríguez, A., García Ortega, C., y González Caballero, J. L. (2004). Historia de la bioestadística, la génesis, la normalidad y la crisis. *Revista Española de Salud Pública*, 78(1), 115-116.
- Analítica de aprendizaje. (2021). En Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Anal%C3%ADtica_de_aprendizaje&oldid=137026001
- Anastasiadou, S. D. (2019). Comparison of multivariate patterning methods in group/cluster identification regarding the science of educational research: Implicative Statistical Analysis vs. Lâ€™M Analyse Factorielle des Correspondances. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 6(1), 238-245.
- Anastasiadou, S. D., Anastasiadis, L., Vandikas, I., y Angeletos, T. (2011). Implicative Statistical Analysis and Principal Components Analysis in Recording Students' Attitudes to Electronics and Electrical Construction Subjects. *International Journal of Technology, Knowledge & Society*, 7(1).
- Anastasiadou, S. D., y Karakos, A. S. (2011). The beliefs of electrical and computer engineering students' regarding computer programming. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 7(1), 37-51.
- Aporte—Sinónimos y antónimos—WordReference.com. (2021). <https://www.wordreference.com/sinonimos/aporte>
- Arabie, P., Baier, N. D., Critchley, C. F., y Keynes, M. (2006). *Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*.
- Arifin, W. N. (2019). *Introduction to R and RStudio IDE*.
- ASALE, R.-, y RAE. (2021). Aporte | Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/aporte>
- Axelsen, M., Redmond, P., Heinrich, E., y Henderson, M. (2020). The evolving field of learning analytics research in higher education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 36(2), 1-7.
- Bachelard, G. (1993). *La formation de l'esprit scientifique (1938)*. Paris, Vrin, 8, 123.
- Bailleul, M. (2000). Le rôle des variables supplémentaires dans l'analyse statistique implicative. *Une recherche sur la professionnalisation des enseignants*.
- Bailleul, M., y Gras, R. (1994). L'implication statistique entre variables modales. *Mathématiques et sciences humaines*, 128, 41-57.
- Baker, R., y Inventado, P. (2014). Educational data mining and learning analytics. En *Learning analytics* (pp. 61-75). Springer.
- Barragán-Pazmiño, B. M., y Pazmiño-Maji, R. (2018). Literatura Científica sobre Análisis Estadístico Implicativo: Un mapeo sistemático de la década que transcurre. *CIENCIA DIGITAL*, 2, 16.

- Berenson, M. L., Levine, D. M., y Krehbiel, T. C. (2006). *Statistics for administration*. Pearson Educación.
- Bernard, J.-M., y Charron, C. (1996). L'analyse implicative bayésienne, une méthode pour l'étude des dépendances orientées. I: données binaires. *Mathématiques et Sciences humaines*, 134, 5-38.
- Blanchard, J., Guillet, F., Gras, R., y Briand, H. (2005). Using information-theoretic measures to assess association rule interestingness. *Fifth IEEE International Conference on Data Mining (ICDM'05)*, 8 pp.
- Blanchard, J., Kuntz, P., Guillet, F., y Gras, R. (2003). Implication intensity: From the basic statistical definition to the entropic version. *Statistical data mining and knowledge discovery*, 473-485.
- Bodin, A. (1997). Analyse implicative: Modèles sous-jacents à l'analyse implicative et outils complémentaires. *Publications mathématiques et informatique de Rennes*, 3, 1-23.
- Bonneton-Botte, N., Hili, H., De La Haye, F., y Noel, Y. (2015). Drawings of the hand and numerical skills in children of preschool age. *Canadian Journal of Behavioural Science-Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement*, 47(3), 207-215.
- Brousseau, G. (2013). The importance of supplementary variables in a case of an educational research.
- Campbell, D. T., y Stanley, J. C. (2015). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Ravenio Books.
- Canto de Gante, Á. G., Sosa González, W. E., Bautista Ortega, J., Escobar Castillo, J., y Santillán Fernández, A. (2020). Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Revista de La Alta Tecnología y Sociedad*, 12(1).
- Casanovas Muñoz, J. (2016). Ontology for modelling and understanding educational data and concepts: An application to Learning Analytics for Secondary project. *Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Casany, M. J., Alier, M., Mayol, E., Piguillem, J., Galanis, N., García-Peñalvo, F. J., & Conde-González, M. Á. (2012). Moodbile: A Framework to Integrate m-Learning Applications with the LMS. *Journal of Research and Practice in Information Technology (JRPIT)*, 44(2), 129-149.
- Castor, G., Antonio, V., y Aldo, B. (2013). *Tratamientos de datos con r, estadística y spss* (Díaz de Santos).
- Censos, I. N. de E. y. (2020). *Población y Demografía*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- CEUR-WS.org—CEUR Workshop Proceedings. (2020). <http://ceur-ws.org/>
- Chamba-Eras, L., Labanda-Jaramillo, M., Coronel-Romero, E., Roman-Sanchez, M., y del Mar Perez Sanagustin M., O. X. (2018). Learning analytics in continuing training in higher education. Case study. *CEUR Workshop Proceedings*, 2231.
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., y Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 318-331.
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., y Thüs, H. (2013). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 318-331.
- Cided. (2019). <http://cided.esPOCH.edu.ec/>
- Citavi—Reference Management and Knowledge Organization. (2016). *Citavi.Com*. <https://www.citavi.com/en>
- Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Casany, M. J., & Alier, M. (2009). Adapting LMS architecture to the SOA: an Architectural Approach. In H. Sasaki, G. O. Bellot, M. Ehmann, & O. Dini (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Internet and Web Applications and Services – ICIW 2009 (Venice/Mestre, Italy, 24-28 May 2009)* (pp. 322-327). IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/iciw.2009.54>
- Conde, M. Á., García-Peñalvo, F. J., Rodríguez-Conde, M. J., Alier, M., Casany, M. J., y Piguillem, J. (2014). An evolving Learning Management System for new educational environments using 2.0 tools. *Interactive learning environments*, 22(2), 188-204.
- Conde, M. Á., y Hernández-García, Á. (2017). Learning analytics: Expanding the frontier. *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 1-5.
- Connaway, L. S. (2015). Retos de la investigación: El camino hacia el compromiso y el progreso. *BiD: textos universitarios de biblioteconomía i documentació*, 35.
- Connaway, L. S., y Radford, M. L. (2016). *Research methods in library and information science*. ABC-CLIO.
- Cook, T. D., Campbell, D. T., y Shadish, W. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin Boston, MA.
- Correa, J. C., Iral, R., y Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista colombiana de estadística*, 29(1), 57-76.
- Couturier, R., Pazmiño, R., Conde, M. Á., & García-Peñalvo, F. J. (2015). Statistical implicative analysis for educational data sets: 2 analysis with RCHIC. In *Actas del XVIII Congreso Internacional EDUTEC 2015: Educación y Tecnología desde una visión transformadora (Riobamba, Ecuador, 17-19 de noviembre)*.

- Couturier, R., y Almouloud, S. A. (2009). Historique et fonctionnalités de CHIC.
- Couturier, R., y Gras, R. (2005a). CHIC: traitement de données avec l'analyse implicative. *EGC*, 679-684.
- Couturier, R., y Gras, R. (2005b). CHIC: traitement de données avec l'analyse implicative. 679-684.
- Couturier, R., y Pazmiño-Maji, R. (2016). Use of Statistical Implicative Analysis in Complement of Item Analysis. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(1), 39.
- Couturier, R., Pazmiño-Maji, R., García-Peñalvo, F. J., y Conde-González, M. (2015). Statistical implicative analysis for educational data sets: 2 analysis with RCHIC.
- CRAN - Package CluMix. (2016). <https://cran.r-project.org/web/packages/CluMix/index.html>
- Crisol-Moya, E., Herrera-Nieves, L. y Montes-Soldado, R. (2020). Educación virtual para todos: una revisión sistemática. *Education in the Knowledge Society*, 21, Article 15. <https://doi.org/10.14201/eks.20327>
- Daniel Müllner. (2018, junio 7). CRAN - Paquete fastcluster. <https://cran.r-project.org/web/packages/fastcluster/index.html>
- David, J., Guillet, F., Briand, H., y Gras, R. (2008). On the use of Implication Intensity for matching ontologies and textual taxonomies. En *Statistical Implicative Analysis* (pp. 227-245). Springer.
- de León, C. G. D., y de la Garza, E. L. (2014). Método comparativo. *Métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas aplicables a investigación en Ciencias Sociales*, 223-251.
- Delacroix, T., y Boubekki, A. (2014). An application of multiple behavior SIA for analyzing data from student exams Applications multiples de l'ASI pour l'analyse des données des examens d'étudiants. *Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 16(3), 795-812.
- Díaz, G. V. (2006). Situación de la educación en el Ecuador. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 70.
- Díaz Nafría, J. M., Alfonso Cendón, J., y Panizo Alonso, L. (2015). Building up eParticipatory decision-making from the local to the global scale. Study case at the European Higher Education Area. *Computers in Human Behavior*, 47, 26-41.
- Dorta, I., León, C., Rodríguez, C., Rodríguez, G., y Rojas, A. (2003). Complejidad Algorítmica: De la Teoría a la Práctica. III Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática.
- Dos Santos, H. L., Cechinel, C., Nunes, J. B. C., y Ochoa, X. (2017). An initial review of learning analytics in Latin America. 2017 Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), 1-9.
- Douglas, L., y Marchal, W. (2018). *Estadística aplicada a los Negocios y la Economía* (S. Wathen, Trad.; Maria Teresa Zapata Terranzas). Mc Graw Hill.
- Download R-3.5.2 for Windows. The R-project for statistical computing. (2021). <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/3.5.2/>
- Draper, N. R., y Cox, D. R. (1969). On Distributions and Their Transformation to Normality. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 31(3), 472-476. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1969.tb00806.x>
- DSpace: An Open Source Dynamic Digital Repository. (2018). <http://www.dlib.org/dlib/january03/smith/01smith.html>
- Elia, I., Özel, S., Gagatsis, A., Panaoura, A., y Özel, Z. E. Y. (2016). Students' mathematical work on absolute value: Focusing on conceptions, errors and obstacles. *ZDM*, 48(6), 895-907.
- Espinoza Freire, E. E. (2018). El problema de investigación. *Conrado*, 14(64), 22-32.
- ESPOL. (2019). <http://www.espol.edu.ec/>
- Fallas, J. (2012). Prueba de Hipótesis. Recuperado de: <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP>, 5.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., y Smyth, P. (1996). The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. *Communications of the ACM*, 39(11), 27-34.
- Fazio, C., Battaglia, O. R., y Di Paola, B. (2013). Investigating the quality of mental models deployed by undergraduate engineering students in creating explanations: The case of thermally activated phenomena. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9(2), 020101.
- Fazio, C., Battaglia, O. R., y Sperandeo-Mineo, R. M. (2017). Quantitative and qualitative analysis of the mental models deployed by undergraduate students in explaining thermally activated phenomena. *Scientia in educatione*, 8.
- Ferguson, R. (2014). Learning Analytics: Drivers, developments and challenges. *Italian Journal of Educational Technology*, 22(3), 138-147.
- Fernandez, D. B., y Lujan-Mora, S. (2016). Exploring approaches to educational data mining and learning analytics, to measure the level of acquisition of student's learning outcome. En L. G. Chova, A. L. Martínez, y I. C. Torres (Eds.), *Edulearn16: 8th International Conference on Education and New Learning Technologies* (pp. 1845-1850). Iated-Int Assoc Technology Education a& Development.

<http://gateway.isiknowledge.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=ResearchSoft&SrcApp=EndNote&DestLinkType=FullRecord&DestApp=WOS&KeyUT=WOS:000402955901129>

- Fernández, S. F., Sánchez, J. M. C., Córdoba, A., y Largo, A. C. (2002). *Estadística Descriptiva*. ESIC Editorial.
- Fiallos, A., y Ochoa, X. (2019). Semi-automatic generation of intelligent curricula to facilitate learning analytics. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3303772.3303834>
- Fillottrani, P. R. (2009). *Algoritmos y Complejidad. Algoritmos sobre grafos*, <http://www.cs.uns.edu.ar/prf/teaching/AyC09/clase15.pdf>.
- Fonseca, D., García-Peñalvo, F. J., & Camba, J. D. (2021). New methods and technologies for enhancing usability and accessibility of educational data. *Universal Access in the Information Society*, 20, 421-427. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00765-0>
- Fotiadis, T. A., y Anastasiadou, S. (2019). Contemporary advanced statistical methods for the science of marketing: Implicative Statistical Analysis vs Principal Components Analysis.
- Fox, J., y Weisberg, S. (2011). *An R Companion to Applied Regression*. SAGE Publications.
- Gaboardi, M., y Rogers, R. (2018). Local private hypothesis testing: Chi-square tests. *International Conference on Machine Learning*, 1626-1635.
- Gallerati, P. (2008). *Health, Safety & Environmental Performance Data Mining Using Statistical Implicative Analysis*. SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production.
- García-Holgado, A., Marcos-Pablos, S. y García-Peñalvo, F. J. (2020). Guidelines for performing Systematic Research Projects Reviews. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6(2), 136-144. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2020.05.005>
- García-Peñalvo, F. J. (2019). *Conociendo a GRIAL*. Universidad de Salamanca. <https://goo.gl/Y7gtYx>
- García-Peñalvo, F. J. (2020). Learning Analytics as a Breakthrough in Educational Improvement. In D. Burgos (Ed.), *Radical Solutions and Learning Analytics: Personalised Learning and Teaching Through Big Data* (pp. 1-15). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4526-9_1
- García-Peñalvo, F. J. y Alier, M. (2014). Learning management system: Evolving from silos to structures. *Interactive Learning Environments*, 22(2), 143-145. <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.884790>
- García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V. y Grande-de-Prado, M. (2021). Recommendations for Mandatory Online Assessment in Higher Education During the COVID-19 Pandemic. In D. Burgos, A. Tlili, & A. Tabacco (Eds.), *Radical Solutions for Education in a Crisis Context. COVID-19 as an Opportunity for Global Learning* (pp. 85-98). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7869-4_6
- García-Peñalvo, F. J. y García Carrasco, J. (2005). Educational hypermedia resources facilitator. *Computers & Education*, 44(3), 301-325. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.02.004>
- García-Peñalvo, F. J., Hernández-García, Á., Conde, M. Á., Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M. L., Alier-Forment, M., Llorens-Largo, F. y Iglesias-Pradas, S. (2017). Enhancing Education for the Knowledge Society Era with Learning Ecosystems. In F. J. García-Peñalvo & A. García-Holgado (Eds.), *Open Source Solutions for Knowledge Management and Technological Ecosystems* (pp. 1-24). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0905-9.ch001>
- García-Peñalvo, F. J., Rodríguez-Conde, M. J., Therón-Sánchez, R., García-Holgado, A., Benito-Santos, A. y Martínez-Abad, F. (2019). Grupo GRIAL. *IE Comunicaciones. Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 30, 33-48.
- García-Peñalvo, F. J. y Seoane-Pardo, A. M. (2015). Una revisión actualizada del concepto de eLearning. *Décimo Aniversario. Education in the Knowledge Society*, 16(1), 119-144. <https://doi.org/10.14201/eks2015161119144>
- García-Tinizaray, D., Mejias, J. L. P., Pichardo, J. M. M., y del Mar Perez Sanagustin M., O. X. (2018). Learning Analytics as an analysis factor of university academic performance. *CEUR Workshop Proceedings*, 2231.
- Gomes, da S. J. C., y Régnier, J.-C. (2005). Nouveaux Apports Théoriques à l'Analyse Statistique Implicative et Applications. Critérios de adoção e utilização do livro didático de matemática no ensino fundamental do nordeste brasileiro. P. 145-161.(Critères d'adoption et utilisation du livre didactique de mathématiques dans l'enseignement fondamental nord-est Brésilien.)
- González-Rogado, A. B., Rodríguez-Conde, M. J., Olmos-Migueláñez, S., Borham, M. y García-Peñalvo, F. J. (2013). Experimental evaluation of the impact of b-learning methodologies on engineering students in Spain. *Computers in Human Behavior*, 29(2), 370-377. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.02.003>
- González, E. R. (1968). *Estadística general* (Número 16). Universidad Central de Venezuela.

- González, I. F., Urrútia, G., y Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: Bases conceptuales e interpretación. *Revista española de cardiología*, 64(8), 688-696.
- Graham, C. R. (2006). Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions. *Handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*. Local Designs, 2, 3-18.
- Gras, R. (1991). L'analyse de données: Une méthodologie de traitement de questions de didactique. *Publications mathématiques et informatique de Rennes*, S6, 115-118.
- Gras, R. (2005). Panorama du développement de l'ASI à partir de situations fondatrices. *Actes des Troisièmes Rencontres Internationale ASI Analyse Statistique Implicative*, Volume Secondo supplemento al, 15, 9-33.
- Gras, R. (2014). Genese et developpement de l'analyse statistique implicative: Retrospective Historique. *Educ Matem Pesq São Paulo*, 16(3), 645-661.
- Gras, R., Ag Almouloud, S., Bailleul, M., Larher, A., Polo, M., Ratsimba-Rajohn, H., y Totohasina, A. (1996). L'implication statistique, nouvelle méthode exploratoire de données.
- Gras, R., Couturier, R., y Gregori, P. (2015). Un mariage arrange entre l'implication et la confiance. 8th International Meeting Statistical Implicative Analysis. Tunisia: Institut Supérieur des Études Technologiques de Radès.
- Gras, R., David, J., Régnier, J.-C., y Guillet, F. (2006). Typicalité et contribution des sujets et des variables supplémentaires en Analyse Statistique Implicative. 359-370.
- Gras, R., y Kuntz, P. (2009). El Análisis Estadístico Implicativo (ASI) en respuesta a problemas que le dieron origen. Teoría y aplicaciones del Análisis Estadístico Implicativo: primera aproximación en lengua hispana. Castellón: Departamento de Matemática de la Universitat Jaume I, 3-51.
- Gras, R., Kuntz, P., y Briand, H. (2001). Les fondements de l'analyse statistique implicative et quelques prolongements pour la fouille de données. *Mathématiques et sciences humaines*. Mathematics and social sciences, 154.
- Gras, R., Kuntz, P., Briand, H., y Couturier, R. (2002). Hiérarchie de règles généralisées et notion de variable supplémentaire en analyse statistique implicative. *Actes des IXèmes Rencontres de la Société Francophone de Classification*, Université de Toulouse, 211-214.
- Gras, R., y Régnier, J.-C. (2017). Dualité entre variables actives et variables supplémentaires: Typicalité et contribution. Cepaduès Editions.
- Gras, R., Regnier, J.-C., y Guillet, F. (2009). Analyse statistique implicative.
- Gros, B., y García-Peñalvo, F. J. (2016). Future trends in the design strategies and technological affordances of e-learning. Springer.
- Gruzd, A., y Conroy, N. (2020). Learning Analytics Dashboard for Teaching with Twitter. *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Gutiérrez, F., Seipp, K., Ochoa, X., Chiluiza, K., De Laet, T., y Verbert, K. (2018). LADA: A learning analytics dashboard for academic advising. *Computers in Human Behavior*.
- Gutiérrez, R. B., y Pere, G. C. (2010). 55 respuestas a dudas típicas de estadística. Ediciones Díaz de Santos.
- Hahsler, M. (2019, mayo 20). Visualizing Association Rules and Frequent Itemsets [R package arulesViz version 1.3-3]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). <https://CRAN.R-project.org/package=arulesViz>
- Hahsler, Michael, Buchta, Christian, Gruen, Bettina, Hornik, Kurt, Johnson, Ian, y Borgelt, Christian. (2020, mayo 15). CRAN - Arules del paquete. <https://cran.r-project.org/web/packages/arules/index.html>
- Harris, A. D., McGregor, J. C., Perencevich, E. N., Furuno, J. P., Zhu, J., Peterson, D. E., y Finkelstein, J. (2006). The use and interpretation of quasi-experimental studies in medical informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(1), 16-23.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Ciudad de México*: Mc Graw Hill, 12, 20.
- Hernández-García, Á., y Conde, M. Á. (2016). Learning analytics: Needs and opportunities. *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 309-312.
- Hider, P., y Pymm, B. (2008). Empirical research methods reported in high-profile LIS journal literature. *Library & information science research*, 30(2), 108-114.
- IEEE - The world's largest technical professional organization dedicated to advancing technology for the benefit of humanity. (2020). <https://www.ieee.org/>
- IEEE Xplore Digital Library. (2019). <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
- IES, listado provisional | CES - Consejo de Educación Superior | Ecuador. (2020). http://www.ces.gob.ec/index.php?option=com_sobipro&sid=159&Itemid=335
- Iglesias Pedrejón, A. (2018). Réplica y agregación de resultados de un experimento verdadero sobre el impacto de los mecanismos de usabilidad de preferencias, retroalimentación de progreso y abortar operación en un entorno web.

- Ihaka, R., y Gentleman, R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. *Journal of computational and graphical statistics*, 5(3), 299-314.
- Inicio | Universidad de Cuenca. (2019). <https://www.ucuenca.edu.ec/>
- Inicio—Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (2016). <https://www.esepoch.edu.ec/>
- Inzunza Cazares, S., y Jiménez Ramírez, J. V. (2013). Caracterización del razonamiento estadístico de estudiantes universitarios acerca de las pruebas de hipótesis. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 16(2), 179-211.
- Kanyongo, G. Y., Brook, G. P., Kyei-Blankson, L., y Gocmen, G. (2007). Reliability and statistical power: How measurement fallibility affects power and required sample sizes for several parametric and nonparametric statistics. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 6(1), 9.
- Kassambara, A. (2017). *Practical guide to cluster analysis in R: Unsupervised machine learning* (Vol. 1). Sthda.
- Kassambara, Alboukadel. (2020). factextra: Extraiga y visualice los resultados de análisis de datos multivariados. <https://CRAN.R-project.org/package=factextra>
- Kaufman, L., y Rousseeuw, P. J. (1990). Partitioning around medoids (program pam). *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*, 344, 68-125.
- Khaled, H., y Couturier, R. (2015). Apport de la Combinaison de la Méthode d'Analyse Statistique Implicative (ASI) avec la Théorie de Réponse aux Items (IRT). *Actes du 8ème Colloque International sur Analyse Statistique Implicative*, 243-262.
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., y Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1), 7-15.
- Kitchenham, B., y Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.
- Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, O. P., Turner, M., Niazi, M., y Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering—a tertiary study. *Information and Software Technology*, 52(8), 792-805.
- Kizilcec, R. F., Pérez-Sanagustín, M., y Maldonado, J. J. (2017). Self-regulated learning strategies predict learner behavior and goal attainment in Massive Open Online Courses. *Computers & education*, 104, 18-33.
- Kloke, J., y McKean, J. (2020). Rfit: Rank-Based Estimation for Linear Models (0.24.2) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=Rfit>
- Kloos, C. D., Alario-Hoyos, C., Fernández-Panadero, C., Estévez-Ayres, I., Muñoz-Merino, P. J., Cobos, R., Moreno, J., Tovar, E., Cabedo, R., Piedra, N., Chicaiza, J., López, J., y Mendes A.J., G.-P. F. J. (2016). EMadrid project. 2016 International Symposium on Computers in Education, SIIE 2016: Learning Analytics Technologies. <https://doi.org/10.1109/SIIE.2016.7751870>
- Kohanova, I. (2012). Analysis of university entrance test from mathematics. *Acta Didactica Universitatis Comenianae Mathematics*, 12, 31-46.
- Kortenkamp, U., y Ladel, S. (2014). Flexible Use and Understanding of Place Value via Traditional and Digital Tools. North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education.
- Koufogiannakis, D., Slater, L., y Crumley, E. (2004). A content analysis of librarianship research. *Journal of information science*, 30(3), 227-239.
- Kwecko, V., de Tôledo, F. P., Devincenzi, S., Ortiz, J. O. de S., y Botelho, S. S. da C. (2020). Analysis of the feelings of the population's opinion in social media: A look at education. 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1-9.
- Lahanier-Reuter, D. (2008). Didactics of mathematics and implicative statistical analysis. En *Statistical Implicative Analysis* (pp. 277-298). Springer.
- Lahanier-Reuter, D., Gras, R., y Bailleul, M. (2017). Variable nodale et cône implicatif. Gras, R., Régnier, J.-C., Lahanier-Reuter, D., Marinica, C., Guillet, F. *Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux sciences humaines et sociales*, Toulouse: Éditions Cépaduès.
- LAK 2011: 1st International Conference Learning Analytics and Knowledge. (2011). <http://www.wikicfp.com/cfp/servlet/event.showcfp?eventid=11606>
- Lang, C., Siemens, G., Wise, A., y Gasevic, D. (2017). *Handbook of learning analytics*. SOLAR, Society for Learning Analytics and Research.
- Larher, A. (1991). Implication statistique et applications a l'analyse des demarches de preuve mathématique. Rennes 1.
- Lasa, A., Abaurrea, J., y Iribas, H. (2020). Mathematical Content on STEM Activities. *Journal on Mathematics Education*, 11(3), 333-346.

- Laxmi, K. R., Ramya, N., Pallavi, S., y Madhuravani, K. (2020). Study and Analysis of Apriori and K-Means Algorithms for Web Mining. En *Innovations in Electronics and Communication Engineering* (pp. 693-701). Springer.
- Lerman, I., Chantrel, T., y Cohen, I. (1981). *Classification et analyse ordinaire des données* (Vol. 15). Dunod Paris.
- Lerman, I., Gras, R., y Rostam, H. (1981). Élaboration et évaluation d'un indice d'implication pour des données binaires. 2. *Mathématiques et sciences humaines*, 75, 5-47.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., Wathen, S. A., Obón León, M. del P., y León Cárdenas, J. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Lozano, X. B., y Fuentes, M. M. (2012). *Análisis y selección de inversiones en mercados financieros*. Profit Editorial.
- Luzardo, G., Guamán, B., Chiluíza, K., Castells, J., y Ochoa, X. (2014). Estimation of presentations skills based on slides and audio features. *MLA 2014 - Proceedings of the 2014 ACM Multimodal Learning Analytics Workshop and Grand Challenge, Co-Located with ICMI 2014*. <https://doi.org/10.1145/2666633.2666639>
- MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, 1(14), 281-297.
- Madrigal, L. M. de. (1996). *Introducción a la estadística de la salud*. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Maechler, M., original), P. R. (Fortran, original), A. S. (S, original), M. H. (S, Hornik [trl, K., maintenance(1999-2000)), ctb] (port to R., Studer, M., Roudier, P., Gonzalez, J., Kozłowski, K., pam()), E. S. (fastpam options for, y Murphy (volume.ellipsoid({d >= 3})), K. (2019). cluster: «Finding Groups in Data»: Cluster Analysis Extended Rousseeuw et al. (2.1.0) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=cluster>
- Marangunić, N., y Granić, A. (2015). Technology acceptance model. *Universal Access in the Information Society*, 14(1), 81-95. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0348-1>
- Margolinas, C. (2014). Teaching Fractions through Situations: A Fundamental Experiment. *REDIMAT*, 3(2), 186-188.
- Marín Martínez, P. (2017). Probability distribution of the classical implication intensity seen as a random variable in Statistical Implicative Analysis.
- Melusova, J., y Vidermanova, K. (2015). Upper-secondary students' strategies for solving combinatorial problems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 197, 1703-1709.
- Mereología | Qué es, Definición y Concepto. (2021). Enciclopedia Online. <https://enciclopediaonline.com/es/mereologia/>
- Mersmann, O., Beleites, C., Hurling, R., Friedman, A., y Ulrich, J. M. (2019). microbenchmark: Accurate Timing Functions (1.4-7) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=microbenchmark>
- Michael, P., Elia, I., Gagatsis, A., y Kalogirou, P. (2010). Examining primary school students' operative apprehension of geometrical figures through a comparison between the hierarchical clustering of variables, implicative statistical analysis and confirmatory factor analysis. CiteSeer.
- Mode, E. B. (1990). *Elementos de probabilidad y estática*. Reverte.
- Montgomery, D. C., Runger, G. C., y Medal, E. G. U. (1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (Números 968-18-5914-6. 01-A1 LU. AL-PyE. 1.). McGraw-Hill México DF.
- Montilla, J.-M., y Kromrey, J. (2010). Robustez de las pruebas T en comparación de medias, ante violación de supuestos de normalidad y homocedasticidad. *Ciencia e Ingeniería*, 31(2), 101-107.
- Moore, D. S. (2005). *Estadística aplicada básica*, 2a ed. Antoni Bosch editor.
- Mount, John. (2020). GitHub—WinVector / replyr: Parches para usar dplyr con bases de datos y Big Data. <https://github.com/WinVector/replyr>
- Muhammad, R. N., Tasmin, R., y Aziati, A. N. (2020). Sustainable Competitive Advantage of Big Data Analytics in Higher Education Sector: An Overview. *Journal of Physics: Conference Series*, 1529(4), 042100.
- Naranjo, M., Pazmiño-Maji, R., Conde, M., y Peñalvo, F. (2018). LA&SIA cluster methods: Computational comparison.
- Naranjo Serrano, M. M., y Pazmiño Maji, R. A. (2018a). Estudio comparativo del análisis estadístico implicativo y el Learning Analytics en relación al uso de las técnicas de exploración de datos educativos. <http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2387>
- Naranjo Serrano, M. M., y Pazmiño Maji, R. A. (2018b). Estudio comparativo del análisis estadístico implicativo y el Learning Analytics en relación al uso de las técnicas de exploración de datos educativos. <http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2387>

- Navarrete, D. (2019). Learning Analytics Perú: Plataforma de desarrollo para la Analítica del Aprendizaje en el Perú. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624844>
- Neiva, F. W., David, J. M. N., Braga, R., y Campos, F. (2016). Towards pragmatic interoperability to support collaboration: A systematic review and mapping of the literature. *Information and Software Technology*, 72, 137-150.
- Nikolantonakis, K., y Vivier, L. (2013). Positions numeration in any base for future elementary school teachers in France and Greece: One discussion via registers and praxis. *Menon, Florina*, 2, 99-114.
- Nordstokke, D. W., y Zumbo, B. D. (2010). A new nonparametric Levene test for equal variances. *Psicológica*, 31(2), 401-430.
- NVivo qualitative data analysis software | QSR International. (2016). <https://www.qsrinternational.com/nvivo/home>
- NYU Steinhardt. (2020). NYU Steinhardt. <https://steinhardt.nyu.edu/>
- Ochoa, X. (2019). Learning analytics in Latin America present an opportunity not to be missed. *Nature human behaviour*, 3(1), 6.
- Ochoa, X., Chiluíza, K., Méndez, G., Luzardo, G., Guamán, B., y Castells, J. (2013). Expertise estimation based on simple multimodal features. *ICMI 2013 - Proceedings of the 2013 ACM International Conference on Multimodal Interaction*, 583-590. <https://doi.org/10.1145/2522848.2533789>
- Ochoa, X., McKay, T., Molinaro, y Greer. (2016). Simple metrics for curricular analytics. *CEUR Workshop Proceedings*, 1590.
- Okada, A., Whitelock, D., Holmes, W., y Edwards, C. (2017). Student acceptance of online assessment with e-authentication in the UK. *International Conference on Technology Enhanced Assessment*, 109-122.
- Okoli, C., y Schabram, K. (2010). A guide to conducting a systematic literature review of information systems research.
- Orús, P., Gregori, P., y Castellón, C. R. S.-E. (2005). Des variables supplémentaires et des élèves «fictifs», dans la fouille didactique de données avec CHIC. *Troisième rencontre internationale de l'Analyse Statistique Implicative (ASI3)*, 279-291.
- Panitsides, E. A., y Anastasiadou, S. (2015). Lifelong learning policy agenda in the European union: A bi-level analysis. *Open Review of Educational Research*, 2(1), 128-142.
- Papamitsiou, Z., y Economides, A. (2014). Learning analytics and educational data mining in practice: A systematic literature review of empirical evidence. *Educational Technology & Society*, 17(4), 49-64.
- Patten, M. L., y Newhart, M. (2017). *Understanding research methods: An overview of the essentials*. Taylor & Francis.
- Pavlovičová, G., y Vargová, L. (2020). Investigation of Selected Aspects of Fraction Understanding. *TEM Journal*, 9(2), 702.
- Pavlovicova, G., y Zahorska, J. (2015). The attitudes of students to the geometry and their concepts about square. *Procedia-social and behavioral sciences*, 197, 1907-1912.
- Pazmiño-Maji, R. (2014a). Aporte del Análisis Estadístico Implicativo a las Analíticas de Aprendizaje. <http://hdl.handle.net/10366/124058>
- Pazmiño-Maji, R. (2014b). Aproximación al Análisis Estadístico Implicativo desde sus Aplicaciones Educativas.
- Pazmiño-Maji, R., López Ortega, J., Conde, M. Á. y García-Peñalvo, F. J. (2019). Las analíticas de aprendizaje en el Ecuador: Un análisis inicial basado en el mapeo sistemático de los trabajos de graduación. *Explorador Digital*, 3(3.1), 224-245. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v3i3.1.885>
- Pazmiño-Maji, R. A., García-Peñalvo, F. J. y Conde, M. Á. (2017). Is it possible to apply statistical implicative analysis in hierarchical cluster analysis? Firsts issues and answers. In C. Puente (Ed.), *Actas del Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología (18-20 de enero, Riobamba, Ecuador)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Pazmiño-Maji, R. A., García-Peñalvo, F. J. y Conde-González, M. Á. (2016). Approximation of Statistical Implicative Analysis to Learning Analytics: A systematic review. In F. J. García-Peñalvo (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'16) (Salamanca, Spain, November 2-4, 2016)* (pp. 355-362). ACM. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012540>
- Pazmiño-Maji, R., Naranjo-Ordoñez, L., Conde-González, M. y García-Peñalvo, F. J. (2019). Learning Analytics in Ecuador: An Initial Analysis based in a Mapping Review. In M. Á. Conde-González, F. J. Rodríguez-Sedano, C. Fernández-Llamas, & F. J. García-Peñalvo (Eds.), *TEEM'19 Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing*

- Multiculturality (Leon, Spain, October 16th-18th, 2019) (pp. 304-311). ACM. <https://doi.org/10.1145/3362789.3362913>
- Pazmiño-Maji, R., Bonilla, M., Baquero, J., y Miguez, R. (2018). Software estadístico chic: Descubriendo sus potencialidades mediante el análisis de percepción sexual universitaria. *Ciencia digital*, 2, 17.
- Pazmiño-Maji, R., Conde, M. Á. y García-Peñalvo, F. J. (2021). Learning analytics in Ecuador: a systematic review supported by statistical implicative analysis. *Universal Access in the Information Society*, 20, 495-512. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00773-0>
- Pazmiño-Maji, R. A., Solis Benavides, C. E., García-Peñalvo, F. J. y Conde-González, M. Á. (2019). La investigación de pregrado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: Mapeo sistemático y analíticas. *Revista Científica Ecociencia*, 6(1), Article 2. <https://goo.gl/9rQ47V>
- Pazmiño-Maji, R., García-Peñalvo, F. J. y Conde-González, M. Á. (2017a). Association rules with SIA in B-Learning Courses: A mapping review. In *Memorias del Séptimo Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación Virtual y a Distancia – EduQ@2017* (20-30 de abril de 2017) (Vol. 3, pp. 716-724). Editorial Virtual Argentina.
- Pazmiño-Maji, R. A., García-Peñalvo, F. J. y Conde-González, M. Á. (2017b). Comparing Hierarchical Trees in Statistical Implicative Analysis & Hierarchical Cluster in Learning Analytics. In J. M. Doderó, M. S. Ibarra Sáiz, & I. Ruiz Rube (Eds.), *Fifth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'17)* (Cádiz, Spain, October 18-20, 2017) (Article 49). ACM. <https://doi.org/10.1145/3144826.3145399>
- Pazmiño-Maji, R., García-Peñalvo, F. J. y Conde-González, M. Á. (2017). Statistical Implicative Analysis Approximation to KDD and Data Mining: A Systematic and Mapping Review in Knowledge Discovery Database Framework. In A. Schmidt, F. Laux, D. Hristovski, & S. Ohnishi (Eds.), *Proceedings of the Ninth International Conference on Advances in Databases, Knowledge, and Data Applications, DBKDA 2017*, (May 21 - 25, 2017 - Barcelona, Spain) (pp. 70-77). IARIA XPS Press.
- Pazmiño-Maji, R., Pérez, M. G., y Andaluz, V. (2014). Cuasi-implicación estadística y determinación automática de clases de equivalencia en imágenes de resonancia magnética de cerebro. *Revista Politécnica*, 34(1).
- Pérez-Álvarez, R., Maldonado-Mahauad, J., Pérez-Sanagustín, M., y Elferink R., D. H. P.-S. V. P.-S. M. S. M. (2018). Tools to Support Self-Regulated Learning in Online Environments. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11082 LNCS, 16-30. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98572-5_2
- Pérez-Caraballo, G., Acioly-Régner, N. M., y Régner, J.-C. (2014). Competences professionnelles et linguistiques de professionnels de santé dans l'espace frontalier Uruguayen-Bresilien Professional and linguistic competence of health care providers in the Uruguay-Brazil border region: SIA'S contribution. *Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 16(3), 813-853.
- Phan, L. P., Huynh, H. X., Huynh, H. H., y Nguyen, K. M. (2016). Association-based recommender system using statistical implicative cohesion measure. *2016 Eighth International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)*, 144-149.
- Piedra, N., Chicaiza, J., López, J., y Tovar Caro, E. (2015). Towards a learning analytics approach for supporting discovery and reuse of OER an approach based on Social Networks Analysis and Linked Open Data. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 2015-April. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2015.7096092>
- Pizzolato, N., Fazio, C., Mineo, R. M. S., y Adorno, D. P. (2014). Open-inquiry driven overcoming of epistemological difficulties in engineering undergraduates: A case study in the context of thermal science. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(1), 010107.
- Quine, W. V., y Carnap, R. (2020). *Homage to Rudolf Carnap*. En *Dear Carnap, Dear Van* (pp. 463-466). University of California Press.
- R. (2021). <https://www.r-project.org/about.html>
- R: Pairwise Wilcoxon Rank Sum Tests. (2021). <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/pairwise.wilcox.test.html>
- Rakotomalala, H. F., Ralahady, B. B., y Totohasina, A. (2019). A Novel Cohesive Implicative Classification Based on Application on Diagnostic on Informatics Literacy of Students of Higher Education in Madagascar. *Third International Congress on Information and Communication Technology*, 161-174.
- Rakotomalala, H. F., y Totohasina, A. (2020). On Hierarchical Classification Implicative and Cohesive Application on Based: Application on Analysis of the Computing Curricula and Students Abilities According the Anglo-Saxon Model. *Fourth International Congress on Information and Communication Technology*, 83-90.

- Raphael Couturier. (2016, agosto 26). Rchic. Couturier,Raphael. <https://members.femto-st.fr/raphael-couturier/en/rchic>
- Razali, N. M., y Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33.
- Rchic. (2016, agosto 26). Raphael Couturier. <https://members.femto-st.fr/raphael-couturier/en/rchic>
- Real Academia Española. (2021). <http://www.asale.org/academias/real-academia-espanola>
- Régnier, J.-C., Gras, R., Couturier, R., y Bodin, A. (2019). *Analyse Statistique Implicative*.
- Régnier, J.-C., Gras, R., Henry, M., Couturier, R., y Brousseau, G. (2020). *Analyse Statistique Implicative*.
- Repositorio Digital Senescyt: Página de inicio. (2019). <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/>
- REUTERS, T. (2017, abril 29). Web of Science [v.5.24]—Colección principal de Web of Science. apps.webofknowledge.com
- RRAAE Home. (2019). <http://www.rraae.org.ec/>
- RStudio. (2020). <https://rstudio.com/products/rstudio/>
- RStudio | Open source & professional software for data science teams. (2020). <https://rstudio.com/>
- Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J., Leony, D., y Kloos, C. D. (2015). ALAS-KA: A learning analytics extension for better understanding the learning process in the Khan Academy platform. *Computers in Human Behavior*, 47, 139-148.
- Sagaró del Campo, N. M., y Zamora Matamoros, L. (2019). Análisis estadístico implicative versus Regresión logística binaria para el estudio de la causalidad en salud. *Multimed*, 23(6), 1416-1440.
- Salazar Pinto, C., Castillo Galarza, S. del, y Del Castillo Galarza, S. (2017). *Fundamentos básicos de estadística*.
- Santos, M. C. M. E., Santos, P. C. M. D. A., Acioly-Régnier, N. M., y Régnier, J.-C. (2014). Motivações e competências interculturais para a mobilidade acadêmica França-Brasil: O caso de estudantes da Universidade Lumière Lyon 2 Motivations and intercultural skills for France-Brazil academic mobility: The case of students from the University. *Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 16(3), 723-744.
- Sarguera, C. R. B., y Rebutillo, C. M. R. (2017). Estructura del problema de investigación, contradicciones inherentes y exigencias metodológicas para su formulación/structure of the investigation problem, inherent contradictions and methodological requirements for their formulation. *Pedagogía Universitaria*, 22(2), 1-19.
- Scopus—Document search. (2020). <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>
- Scopus—Welcome to Scopus. (2017, abril 29). <https://www.scopus.com/home.uri>
- Senescyt – Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación – Ser Bachiller, Becas, Investigación, Innovación Ecuador. (2020). <https://www.educacionsuperior.gob.ec/>
- Silva, K. A. de G., y de Almeida, M. E. B. (2017). Combined use of software that supports research and qualitative data analysis: Potential applications for researches in education. En *Computer Supported Qualitative Research* (pp. 25-37). Springer.
- Sinónimos de aporte. (2020). <https://trovami.altervista.org/es/sinonimi/aporte>
- Soto, P. J. L. (2013). Contraste de hipótesis. Comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de Kruskal-Wallis. *Revista Enfermería del Trabajo*, 3(4), 166-171.
- Spagnolo, F. (2005). *L'analyse statistique implicative: Une des méthodes d'analyse des données en didactique*.
- Sprock, A. S., Vicari, R. M., Rincón, M. R., Silveira, I. F., Gallegos, J. P., Maldonado, J., Toscano, A., y Casali A., R. M. C. D. A. S. A. S. (2017). Latin-American Network of Learning Analytics—LALA. 12th Latin American Conference on Learning Objects and Technologies, LACLO 2017, 2017-January. <https://doi.org/10.1109/LACLO.2017.8120916>
- Team, R. C. (2013). *R: A language and environment for statistical computing*.
- The Comprehensive R Archive Network. (2015). <https://cran.r-project.org/>
- Tinisaray, G., y Karina, D. (2016). Construcción de un modelo para determinar el rendimiento académico de los estudiantes basado en learning analytics (análisis del aprendizaje), mediante el uso de técnicas multivariantes.
- Torre, R. D. de la. (2004). *Iniciación a la probabilidad y la estadística*. Univ. Autònoma de Barcelona.
- Torres, J. C. (2003). Diagnóstico de la Educación Superior Virtual en Ecuador. *La educación superior virtual en américa latina y el caribe*, 269.
- Triola, M. F. (2004). *Estadística*. Pearson Educación.
- Turcios, R. S. (2015). Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney: Mitos y realidades. *Rev Mex Endocrinol Metab Nutr*, 2, 18-21.
- Turgut, M. (2018). Synergies among students' thinking modes and representation types in linear algebra: Employing statistical implicative analysis. *International journal of mathematical education in science and technology*, 49(8), 1181-1202.

- Using-data-improve-student-learning. (2016).
http://www.eqao.com/en/Our_Data_in_Action/articles/Pages/%20using-data-improve-student-learning.aspx
- UTPL | Decide ser más. (2012). <https://www.utpl.edu.ec/>
- Valls, X. (2014). Diseño de un paquete R para el Análisis Estadístico Implicativo.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., y Elia, I. (2020). Mapping kindergartners' quantitative competence. *ZDM*, 52(4), 805-819.
- van den Heuvel-Panhuizen, M., Elia, I., y Robitzsch, A. (2015). Kindergartners' performance in two types of imaginary perspective-taking. *ZDM*, 47(3), 345-362.
- Vásquez, A. C. (2004). Teoría de la complejidad computacional y teoría de la computabilidad. *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, 1(1), 102-105.
- Vidal Ledo, M., Oramas Díaz, J., y Borroto Cruz, R. (2015). Revisiones sistemáticas. *Educación Médica Superior*, 29(1), 198-207.
- Web of Science—Web of Science Group. (2010). <https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/>
- Wei, T., y Simko, V. (2017). R package «corrplot»: Visualization of a Correlation Matrix. <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T. L., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., Dunnington, D., y RStudio. (2020). ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics (3.3.2) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>
- Wickham, Hadley, François, Romain, Henry, Lionel, Müller, Kirill, y RStudio. (2020, agosto 18). CRAN - Package dplyr. <https://cran.r-project.org/web/packages/dplyr/index.html>
- Wilches, O. E. C., y Grisales-Palacio, V. H. (2017). Learning Analytics en Colombia. D:\8 Citavi5\Projects\LAecuador_JCR\Citavi Attachments\Wilches, Grisales-Palacio - Learning Analytics en Colombia.pdf
- Wiley, K. J., Dimitriadis, Y., Bradford, A., y Linn, M. C. (2020). From theory to action: Developing and evaluating learning analytics for learning design. *Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, 569-578.
- Wolfram Mathematica: Computación técnica moderna. (2015). <https://www.wolfram.com/mathematica/>
- Yang, X.-S., Sherratt, S., Dey, N., y Joshi, A. (2015). Fourth International Congress on Information and Communication Technology.
- Zamora, L., Gregori, P., y Orús, P. (2009). Conceptos fundamentales del Análisis Estadístico Implicativo (ASI) y su soporte computacional CHIC. *Contribuciones al ASI*, 4, 65-101.
- Zamora-Matamoros, L., Díaz-Silvera, J. R., y Portuondo-Mallet, L. (2015). Fundamental Concepts on Classification and Statistical Implicative Analysis for Modal Variables. *Revista Colombiana de Estadística*, 38(2), 335-351.
- Zhang, H., y Ali Babar, M. (2010). On searching relevant studies in software engineering.
- Žilková, K. (2015). Misconceptions in pre-service primary education teachers about quadrilaterals. *Journal of Education, Psychology and Social Sciences*, 1, 2015.