

EDUCATION ISSUES

ASPECTOS EDUCACIONALES

PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE USO LIBRE Y SU APLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA

Sergio Hernández González^{*1}, Jesús Humberto Cuevas Acosta^{**2}

*Universidad Veracruzana, México

**Instituto Tecnológico de Chihuahua II, México

ABSTRACT

This article discusses the importance of using computer programs mathematics and statistics in education. Especially we describe the main characteristics of some statistical computer programs used in the teaching of statistics in the university, focusing on promoting the use of open access programs. It is also suggested studies whose purpose assess the effects of their use in all educational levels.

KEYWORDS: statistical education, free software, open source software

MSC:97D70

RESUMEN

En este artículo se analiza la importancia de utilizar programas informáticos de matemática y estadística en educación. Especialmente se describen las principales características de algunos programas de cómputo utilizados en la enseñanza de la estadística en el ámbito universitario, haciendo énfasis en promover el uso de programas de libre acceso. También se sugiere la realización de estudios que tengan como propósito evaluar los efectos de su empleo en todos los niveles educativos.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el continuo desarrollo de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) están coadyuvando a que cada vez más la sociedad pueda acceder a información que anteriormente estaba fuera de su alcance. La popularización de redes abiertas como el Internet y las ventajas que su acceso ofrece, han acelerado el florecimiento de una colectividad más informada.

Ciertamente, el acceso a estas redes aún está fuera del alcance de una proporción importante de personas, tanto por problemas de infraestructura tecnológica como de índole económica. Sin embargo, la reducción de costes y el compromiso cada vez mayor de los gobiernos por hacer partícipe a su población en la sociedad de la información, están permitiendo reducir la proporción excluida.

Es precisamente el desarrollo de esta sociedad de la información la que está generando retos en diversos sectores. En el sector educativo esto se ha hecho más marcado debido a diversos factores. Por una parte, el profesorado ha enfrentado problemas para incorporar TIC en su práctica docente. Estos problemas se ven reflejados en una articulación inadecuada de estas tecnologías con las disciplinas que imparte, pobre contextualización, y en el mejor de los casos, un aprovechamiento insuficiente de su potencial. Por otra parte, el estudiantado es un factor aún más complejo para descifrar. En efecto, muchos estudiantes actuales no necesitan adaptarse a las nuevas tecnologías porque nacieron con ellas, lo que supone una problemática aún mayor para autoridades educativas y profesores.

Así, desde finales del siglo XX se han efectuado reformas a los sistemas educativos de la mayoría de las naciones de los cinco continentes. Un atributo sobresaliente en todas ellas ha sido la incorporación de las TIC como mecanismo para promover aprendizajes efectivos y de calidad en estudiantes de todos los niveles escolares. A la par se han creado foros de debate especializado sobre diversos aspectos, a saber, aplicación de las nuevas tecnologías en la educación, alcances y limitaciones de las TIC en el ámbito escolar, entre otras. Es importante indicar que múltiples organismos multilaterales como la UNESCO y la OCDE han promovido la configuración de indicadores internacionales comparables sobre el uso de estas tecnologías en la educación (UNESCO, 2009).

¹ shg5712@gmail.com

² jesus.humberto.cuevas@outlook.com

En el caso de Iberoamérica, esta problemática se ha examinado minuciosamente debido a las posibles consecuencias de una utilización inadecuada. En relación a lo anterior, Carneiro et al (2009) señalan que aún y cuando las TIC pueden coadyuvar en la solución de problemas educativos, aún hay retos pendientes como la estructura escolar y las maneras de enseñar por parte del profesorado que deben reconfigurarse para que los estudiantes mejoren su aprendizaje.

Una de las virtudes de las TIC es su amplio espectro de aplicación en el campo educativo. Así, son pocos los campos del saber que no puedan verse significativamente beneficiados con su implementación en el aula. En la enseñanza de las ciencias matemáticas, destaca su utilización debido a la gran diversidad de situaciones problema que se tratan en el salón de clase, por lo que en la última década se han efectuado múltiples estudios al respecto (Rojano, 2003; Pérez, 2006; Abánades et al, 2009; Attorps et al, 2009; Pilli & Meral, 2012). Campos como el álgebra, geometría, cálculo infinitesimal y estadística, constituyen algunos de los más representativos.

En el caso de la educación estadística, su crecimiento es significativo y se ve reflejado en la gran cantidad de comunicaciones –verbales y escritas- que continuamente se hacen del dominio público. Sobresalen los reportes difundidos en encuentros internacionales de alto impacto como la *International Conference on Teaching Statistics* (ICOTS) en la que se cuenta con una línea de trabajo que trata la temática del uso de la tecnología en la enseñanza de esta disciplina. Entre los reportes más representativos presentados en su última reunión, se destacan los siguientes (Andrews, 2010; Arnold & Pfannkuch, 2010; Burrill, 2010; Vishakha, 2010).

Es conveniente señalar el amplio uso de programas de cómputo especializado como herramienta para enseñar estadística. De esta forma, pueden encontrarse reportes de investigación en el que se destacan las bondades de programas de amplio uso en ciencias cuantitativas como *Maple*, *Mathematica*, *MatLab*, *Excel*; otros de uso específico: *Fathom*, *StatGraphics*, *SPSS*, *Minitab*, *Statistica*, *EViews*, *SAS* y *NCSS*; algunos que operan como complementos de programas más grandes *MegaStat*, *PopTools* y *PHStat2*; otros que son de distribución gratuita como *OpenStat*, *CAEST*, *StatDisk* y *PSPP*; y los que conforman entornos de programación robustos como *R*.

En este artículo se describen de manera breve algunos de los atributos más importantes de los programas de cómputo estadístico de código privado de mayor uso en instituciones universitarias. También se efectúa una revisión de sus contrapartes de distribución libre y complementos de hoja de cálculo, con el propósito de reflexionar sobre la pertinencia de utilizar estos últimos en la enseñanza de la estadística.

2. PROGRAMAS DE CÓMPUTO ESTADÍSTICO ESPECIALIZADO

En las últimas dos décadas se ha recomendado por diversos medios la aplicación de herramientas informáticas en la enseñanza de la estadística. Instituciones educativas de todos los niveles han buscado la forma de adquirir licenciamiento para usar programas de cómputo de alto nivel. Sin embargo, la oferta es muy amplia, lo que hace difícil para las autoridades escolares y el profesorado tomar una decisión. A continuación se refieren las características más representativas de algunos programas de amplio reconocimiento en el plano internacional.

Statistical Analysis System (SAS). No es un programa de cómputo específico, sino una colección de programas de alto nivel de sofisticación en el campo de la analítica. La amplia cantidad de soluciones informáticas para el análisis de datos le confieren el estatus como una de las compañías de software más grandes y representativas en el plano internacional. *Inteligencia Analítica*, *Inteligencia Empresarial*, entre otros términos son los utilizados para describir las características globales de las prestaciones de sus distintos paquetes de cómputo.

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Es un programa de gran reconocimiento a nivel internacional por sus grandes prestaciones y poder de cómputo. Es particularmente usado en investigación de mercado y en los distintos campos de las ciencias sociales. En el ámbito educativo, su utilización se ha extendido en los últimos años, especialmente en educación superior y centros especializados de investigación. Entre sus principales características se encuentra una “relativamente” corta curva de aprendizaje para procedimientos estadísticos básicos y de nivel medio. Para usuarios más avanzados, SPSS permite interactuar a través de *Python*, *Visual Basic* y *C++*. En la última década ha enfrentado una gran competencia con otros programas, tanto de código privado como de uso libre.

Minitab. Es un programa de cómputo estadístico con una larga tradición. Sus orígenes se remontan al inicio de la década de 1970 en el ambiente universitario. Cuenta con un alto reconocimiento como herramienta metodológica en programas de mejoramiento de la calidad en organizaciones manufactureras y de servicio, especialmente por su poder de cómputo en procesos *Seis Sigma*. También destaca su utilización en el ámbito educativo, particularmente en la formación estadística dentro del campo de la ingeniería, ya que su interfaz es “amigable” con el usuario por su semejanza con hojas de cálculo de uso común.

Statistica. Paquete de cómputo altamente especializado. Sus principales nichos de aplicación se encuentran en la investigación científica y en los procesos que demandan el trabajo con grandes volúmenes de información, como es el caso de extracción de conocimiento en base de datos (KDD por sus siglas en inglés). El paquete está estructurado de forma modular e integra herramientas robustas para múltiples aplicaciones. Es particularmente usado en medios académicos anglosajones, aunque en la última década investigadores, profesores y estudiantes

de Hispanoamérica han comenzado a utilizarlo por su reconocido poder de cómputo, sus utilidades sofisticadas de representación gráfica y por su proceso intuitivo para efectuar actividades de *minería de datos*.

Statgraphics. Estructurado en cuatro módulos claramente diferenciados –editor, asistente, enlace y libro- creado a inicios de la década de 1980. Tradicionalmente se le ha reconocido por sus capacidades para representar gráficamente información de distinto tipo. De igual forma, en las últimas dos décadas se ha extendido su uso en el ámbito educativo debido a sus cuadros de diálogo intuitivos. También ha ganado múltiples adeptos en el campo empresarial por sus herramientas para procesos de mejora *Seis Sigma*, la posibilidad de instalarse en dispositivos móviles con distintas plataformas educativas y su servicio disponible en línea.

Existen otros paquetes y programas especializados en cómputo estadístico. Algunos orientados a ciertos campos del saber (V.gr *EViews* para análisis econométrico, *Fathom* para uso educativo) y otros de aplicación general. La mayoría de ellos con versiones para las diversas plataformas operativas como *Windows*, *Macintosh* o *Linux*. No obstante, en las últimas dos décadas han surgido programas de uso libre que integran la mayoría de las herramientas que sus contrapartes de pago.

3. PROGRAMAS DE CÓMPUTO ESTADÍSTICO DE LIBRE ACCESO

Fue aproximadamente a mediados del siglo XX cuando comenzaron a surgir iniciativas para eliminar las restricciones en el uso de programas de cómputo. Entre 1960 y 1970, no eran considerados un producto, sino un complemento indispensable para poder usarlos, por lo que era común observar que sus desarrolladores los compartían libremente con sus colegas. Fue hasta finales de la década de 1970 que múltiples compañías observaron la pertinencia de restringir el compartimiento de los programas de cómputo entre sus creadores y usuarios. Especialmente detectaron un mercado potencial en la naciente industrial del “software”, el cual ha continuado evolucionando de manera paulatina hasta nuestros días.

Sin embargo, el alto costo de licenciamiento para usarlos motivó un descontento en diversos sectores, especialmente en el académico. Así, en 1984, Richard Matthew Stallman se convirtió en uno de los principales opositores al licenciamiento de software. Alrededor de 1985 creó la *Free Software Foundation*, la cual estaba orientada a eliminar las restricciones sobre la copia, redistribución, entendimiento y modificaciones de programas. También ha popularizado el uso de conceptos como “copyleft” y “GNU” en sus escritos y conferencias dictadas.

Es importante señalar que un programa de cómputo es de uso libre siempre y cuando el usuario tenga la “libertad” de, una vez obtenido, utilizarlo, copiarlo, estudiarlo, modificarlo y redistribuirlo libremente. No es correcto asociar los términos “programa de cómputo libre” con “programa de cómputo gratuito”, ya que, aunque conserve su carácter de libre, puede ser vendido comercialmente. Análogamente, el programa de cómputo gratuito (denominado usualmente “freeware”) incluye generalmente el código fuente; sin embargo, éste no es libre en el mismo sentido que el programa de cómputo libre, al menos que se garanticen los derechos de modificación y redistribución de las versiones modificadas.

Para evitar la confusión anterior, algunas personas utilizan los términos “libre” (programa de cómputo libre) y “gratis” (programa de cómputo gratuito) para evitar la ambigüedad del término “free”. De forma paralela, algunas comunidades informáticas prefieren el uso del término “open source software” (programas de cómputo de código abierto). No obstante, la principal diferencia entre los términos “open source” y “free software” es que éste último tiene en cuenta los aspectos éticos y filosóficos de la libertad, mientras que el “open source” se basa únicamente en los aspectos técnicos.

Por otra parte, tampoco deben confundirse los términos “programas de cómputo libre” con “programas de cómputo de dominio público”. En el caso del segundo, no es necesario solicitar licencia para su utilización. Los derechos de explotación son para toda la humanidad porque se asume que pertenece a todos por igual, es decir, cualquier persona puede hacer uso de ellos, siempre que sea con fines legales y consignando su autoría original.

En el caso de la ciencia estadística, existe una gran cantidad de programas de cómputo especializado que puede agruparse en algunas de las categorizaciones mencionadas líneas atrás. Algunos se han desarrollado para aplicaciones estocásticas de uso general, otras para uso en tópicos particulares (V.gr series de tiempo, análisis multivariante, muestreo), y algunas más como complemento de otros programas.

Respecto de los programas de cómputo para aplicaciones de uso general, son variados los que sobresalen, entre los más representativos se encuentran: *R*, *PSPP* y *WinIDAMS*, *OpenStat*, *ezANOVA*, *Demetra+*, *Draco* *Econometrics* y *gretl*.

R. Proporciona un “ambiente robusto” para la realización de cómputo estadístico con propiedades sólidas de graficación. Se distribuye bajo el licenciamiento GNU, es multiplataforma (ver figura 1) y se encuentra disponible en múltiples idiomas. La primera versión fue creada en la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda en la década de 1990 por Robert Gentleman y Robert Ihaka. En virtud de que es un proyecto de código abierto, usuarios expertos en programación y estadística pueden ampliar sus prestaciones, lo cual le permite estar en continua evolución. En consecuencia, posee una amplia y creciente variedad de aplicaciones estocásticas de alto nivel que día a día son usadas en múltiples áreas del conocimiento, lo que posiblemente convierte a *R* en la

herramienta de cómputo más utilizada a nivel internacional. La última versión estable es la 2.15.2 que puede obtenerse desde <http://www.r-project.org/>

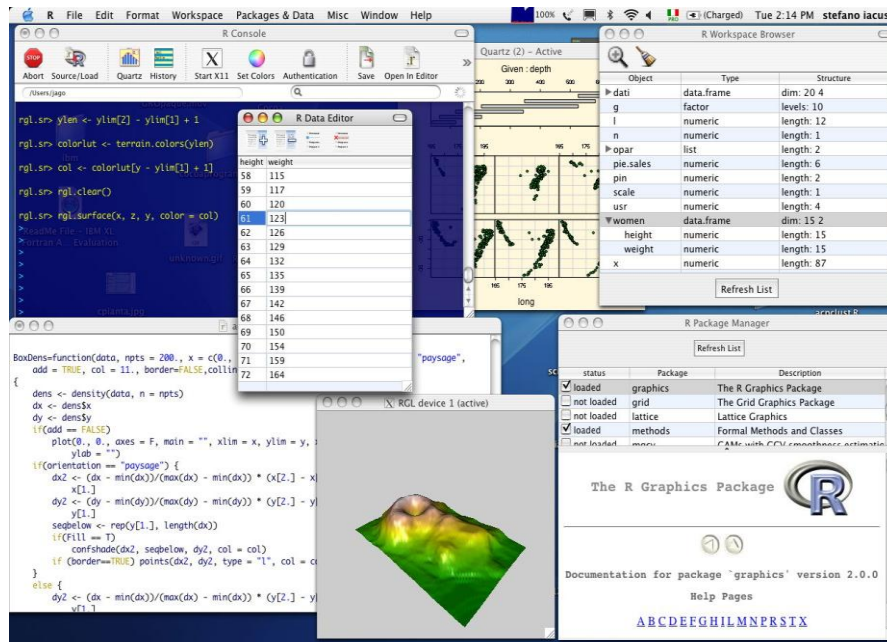


Figura 1. Entorno de programación de R en la plataforma Macintosh

PSPP. Paquete informático con licenciamiento GNU. Fue desarrollado en lenguaje C y es la alternativa natural al paquete de código privado *SPSS*. Entre las características más representativas de *PSPP* se encuentran la incorporación de un lenguaje de programación, la posibilidad de importar archivos de hojas de cálculo comerciales como *Microsoft Excel* e importarlos en formatos ASCII y *SPSS*. De acuerdo con la información ubicada en su portal, es posible efectuar cálculos de estadística descriptiva, pruebas t, de regresión lineal y no paramétrica, además de poder crear bases de datos tan grandes como de un billón de casos y un billón de variables, dejando así el límite en función de la cantidad de memoria y el poder de procesamiento del procesador del equipo de cómputo. La versión más estable es la 0.7.9 que se puede obtener en el sitio <http://www.gnu.org/software/pspp/>

WinIDAMS. Desarrollado por la UNESCO con la elaboración de expertos internacionales. Su origen se remonta a la década de 1980 cuando se creó la primera versión para una computadora “mainframe” de IBM. A partir de ahí, el secretariado de esta organización ha continuado el desarrollo del programa. Es posible utilizarlo para diversas aplicaciones estadísticas como regresión, análisis de varianza, análisis discriminante, análisis de conglomerados, análisis de componentes principales, análisis de correspondencia, series de tiempo, entre otros. La versión actual es la 1.3 y se puede acceder a ella desde http://portal.unesco.org/ci/en/ev.php-URL_ID=2070&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

OpenStat. Escrito en lenguaje C++ por Bill Miller de la Universidad de Iowa. El programa incluye procedimientos para análisis estadístico univariante y multivariante, estadística no paramétrica, control de calidad y simulación. El propósito original de su creación fue apoyar a estudiantes universitarios de ciencias de la conducta, sin embargo, debido al éxito de su aplicación, estudiantes, profesores e investigadores de otras ramas del saber comenzaron a utilizarlo tanto en actividades de docencia y aprendizaje de la estadística, como para la solución de problemas específicos. La última versión del programa fue lanzada el 8 de noviembre de 2012 y se puede descargar una copia del sitio <http://www.statprograms4u.com/OpenStatMain.htm>

Respecto de los programas de cómputo especializado en tópicos estocásticos específicos, destacan *ezANOVA*, *Demetra+*, *Draco* y *gretl*.

ezANOVA. Programa creado por Chris Rorden, profesor e investigador estadounidense. El programa es útil para ilustrar de manera sencilla las bases del Análisis de Varianza. Puede ejecutarse en plataformas Windows y Macintosh OSX. La versión actual es la 0.98 que se puede descargar en un archivo autoejecutable de la siguiente dirección electrónica <http://www.cabiatl.com/micro/ezanova/index.html#compare>

Demetra+. Es un paquete de origen europeo que permite la realización de cálculos en situaciones en las que es necesario trabajar con series de tiempo. De acuerdo a la información presentada en su portal de Internet, su núcleo de análisis está basado en dos algoritmos claramente diferenciados, a saber, (TRAMO&SEATS@ / X-12-ARIMA). El objetivo central del paquete es ayudar a normalizar -en la medida de lo posible- los diferentes métodos. Puede descargarse del sitio <http://www.cros-portal.eu/page/download>

Draco Econometrics. Es un programa de cómputo especializado en econometría. Es de código abierto e integra múltiples algoritmos para efectuar cálculos de estadística descriptiva, series de tiempo, análisis de regresión, análisis de varianza, entre otros. Una de las características más sobresalientes es la incorporación de un “plugin” para usar el lenguaje Ruby dentro de la plataforma Java (JRuby). Lo anterior ofrece la ventaja de compilar secuencias de comandos en *Draco* casi con las mismas prestaciones de las implementaciones que se hacen en la plataforma Java. La versión actual es la 1.4 y puede descargarse en la página

<http://approximatrix.com/products/draco/>

gretl. Es quizá el programa de uso libre para análisis econométrico más reconocido a nivel internacional. Está escrito en lenguaje C y es de código abierto, lo que posibilita su libre uso y contribuir a su desarrollo de acuerdo con los términos de licencia GNU. Es descendiente directo del programa *ESL* creado por el prestigiado académico hindú Ramu Ramanathan. Entre las prestaciones más significativas de *gretl*, se encuentra la capacidad de usar diversos estimadores como mínimos cuadrados, máxima verosimilitud, GMM; de una sola ecuación y de sistemas de ecuaciones. También es posible trabajar con métodos de series temporales como ARMA, GARCH, VARs y VECMs. Incluye además un potente lenguaje de programación (scripts). Puede descargarse una copia del programa en <http://gretl.sourceforge.net/index.html>

Por otra parte, en las últimas dos décadas se han creado aplicaciones estadísticas como complementos de programas de uso general, especialmente de hojas de cálculo. Algunos de los más representativos se describen a continuación de forma breve:

PopTools. Es un complemento de herramientas estadísticas para la hoja de cálculo Microsoft Excel 97 y versiones posteriores. La última versión es la 3.2 y fue liberada el 22 de septiembre de 2011. Entre las capacidades más importantes de este complemento se pueden enunciar las siguientes: pueden manipularse matrices de distinto orden, procesos de simulación, estadística univariante y multivariante, muestreo y generación de variables aleatorias. También incluye demostraciones de diversas técnicas estadísticas, característica importante que lo hace recomendable para usarse en el ámbito educativo. El sitio web de la organización que promueve su uso se encuentra en el siguiente vínculo <http://www.poptools.org/>

PHStat2. Auspiciado por la editorial Prentice Hall, este complemento de *Microsoft Excel* tiene una larga tradición en la enseñanza de la estadística en el nivel universitario. Es de fácil instalación y potencia las herramientas de análisis de datos que integra Excel. La última versión disponible es la 3.0 que se puede descargar del sitio [http://www.pearsonhighered.com/phstat/phstat2_3_0\(main\).htm](http://www.pearsonhighered.com/phstat/phstat2_3_0(main).htm) que la editorial creó ex profeso.

MegaStat. Es otro complemento de *Microsoft Excel*. Creado por J. B. Orris en la Universidad de Butler. Hasta la versión 9.1 era de uso libre, sin embargo hoy en día es distribuido por la editorial McGraw-Hill en

http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0077425995/information_center_view0/. No obstante, la editorial tiene a disposición una versión anterior en el sitio [http://glencoe.mcgraw-](http://glencoe.mcgraw-hill.com/sites/0010126585/student_view0/megastat.html)

[hill.com/sites/0010126585/student_view0/megastat.html](http://glencoe.mcgraw-hill.com/sites/0010126585/student_view0/megastat.html). *MegaStat* ofrece herramientas para efectuar cálculos probabilísticos, estimación por intervalos, prueba de hipótesis, series de tiempo y control de calidad.

Así, hoy en día existe una gran cantidad de programas de cómputo estadístico que no exigen el pago de una licencia para su uso. Entre las ventajas más representativas de su utilización, se encuentran las siguientes: (1) algunos son de uso libre y de fácil acceso para su descarga, (2) otros ponen a disposición el código de programación para efectuar mejoras en sus capacidades de cómputo, lo que permite desarrollar aplicaciones para solucionar problemas específicos, (3) algunos más funcionan como complementos de programas de uso general (V.gr hojas de cálculo), (4) la mayoría cuenta con una base amplia de seguidores y desarrolladores, y, (5) es común encontrar material de estudio –manuales, tutoriales, recursos audiovisuales- de libre acceso en Internet.

4. EL USO DE PROGRAMAS DE CÓMPUTO DE USO LIBRE EN LA EDUCACIÓN ESTADÍSTICA

En el caso del ámbito educativo, en la última década se ha intensificado el uso de programas computacionales de uso libre en la enseñanza de numerosas disciplinas como finanzas, economía, matemáticas, probabilidad, estadística, análisis de datos, entre otras, (V. gr. Ledesma et al, 2010; Stander & Eales, 2011). Con respecto a la enseñanza de la probabilidad, la estadística y el análisis de datos, por su naturaleza disciplinar es indispensable usar tecnología computacional como coadyuvante en la formación académica.

Como se mencionó líneas atrás, el costo que representa obtener licenciamiento para el uso de programas como *SAS*, *SPSS*, *Minitab*, *Statgraphics*, *Statistica*, entre otros, ha provocado que estudiantes y profesores busquen alternativas sin costo. Así, en el ambiente universitario es común observar cómo se ha popularizado el uso de complementos estadísticos en *Microsoft Excel* para el tratamiento de diversos tópicos estocásticos. *MegaStat*, *PHStat2* y *PopTools* cuentan con una larga tradición en el aula por su facilidad de uso y gran cantidad de herramientas que integran. *PSPP* por su parte, ha ganado terreno paulatinamente a *SPSS* en aplicaciones generales, al igual que *gretl* con *EViews* en el campo de la econometría.

No obstante, al parecer es el entorno de programación *R* el que ha ganado más adeptos en los últimos años. Es posible que esto se deba a la permisividad para extender sus capacidades a través de nuevas funciones y la publicación de nuevos “paquetes” por parte de los usuarios. También ha contribuido a su popularización la creación de interfaces gráficas que facilitan la interacción del usuario con *R* a través de menús de herramientas u objetos gráficos. Entre las más utilizadas se encuentran *RCommander*, *RStudio* y *RKward*.

En el caso de *RCommander*, es la interfaz gráfica de mayor utilización en el ámbito académico. Sus orígenes se remontan a la primera década del siglo XXI y desde entonces ha estado en permanente evolución. Es posible usarlo en la plataforma Ubuntu y en Windows debido a que utiliza el entorno gráfico *TCI/Tk*. Otros atributos importantes son: (1) instalación fácil desde el entorno de *R*, (2) existe una profusa documentación de libre acceso sobre su manejo en diversos idiomas, (3) facilita el cálculo estadístico y genera de forma automática el código de programación para que el estudiante pueda analizarlo y aprenderlo, (4) cuenta con múltiples módulos que se pueden adicionar de forma simple. En la siguiente figura se muestra la estructura de esta interfaz gráfica.

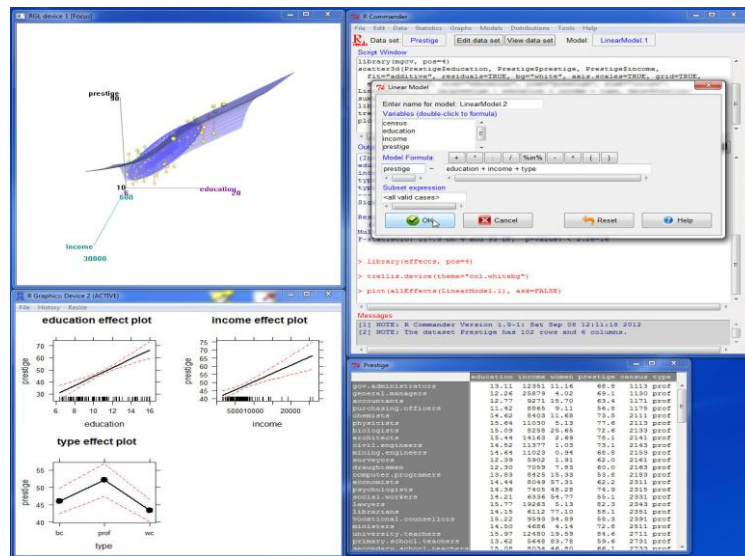


Figura 2. Estructura de la interfaz de *RCommander*

Respecto de *RStudio*, generalmente se le reconoce como un “poderoso” entorno de trabajo homogéneo en lenguaje *R*. Es posible instalarlo y ejecutarlo desde distintas plataformas como *Linux*, *Macintosh* y *Windows*. Permite escribir comandos de *R* y auxiliarse de opciones de autocompletado y sangrado de línea, lo que coadyuva al aprendizaje del lenguaje. Otro atributo importante es su capacidad de exportar informes en formato pdf. A continuación se presenta una figura con el diseño de este valioso entorno:

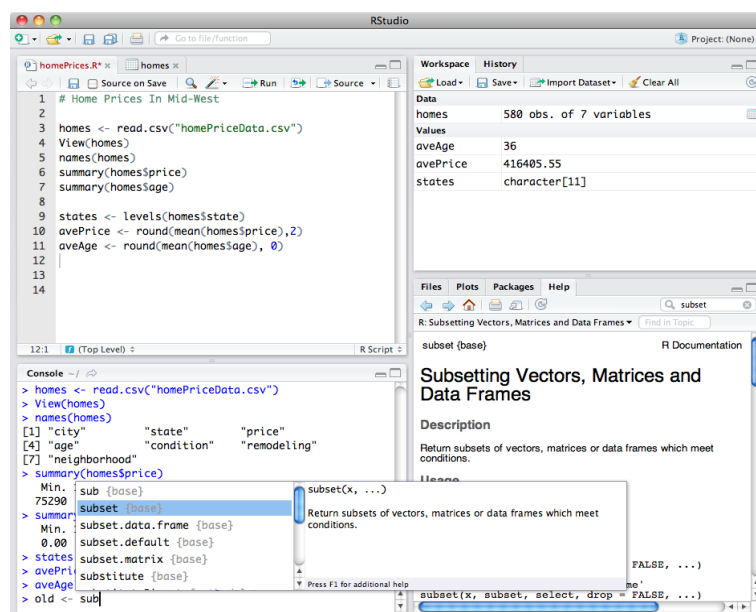


Figura 3. Estructura de la interfaz de *RStudio*

Por otra parte, *RKward* es quizá la interfaz gráfica más intuitiva y con más posibilidades de desarrollo futuro. Fue creada en C++ y PHP a partir de las bibliotecas del entorno KDE. Es de libre distribución y se encuentra en continua evolución. Actualmente cuenta con versiones instalables en plataformas operativas de *Linux*, *Windows* y *Macintosh*, aunque en las últimas dos su operación aún adolece de la estabilidad y flexibilidad de distribuciones como Ubuntu, Fedora y Mandriva. Entre las características más representativas de *RKward*, se pueden enunciar las siguientes: (1) fácil instalación, (2) no es necesario tener un pleno dominio del lenguaje R para aprovechar su potencial, (3) presentación de resultados en formato HTML, (4) sencilla instalación de librerías, (5) amplio potencial para efectuar representaciones gráficas, y sobre todo, (6) gran capacidad para realizar análisis estadísticos. En la figura siguiente se muestra un panorama general de la interfaz.

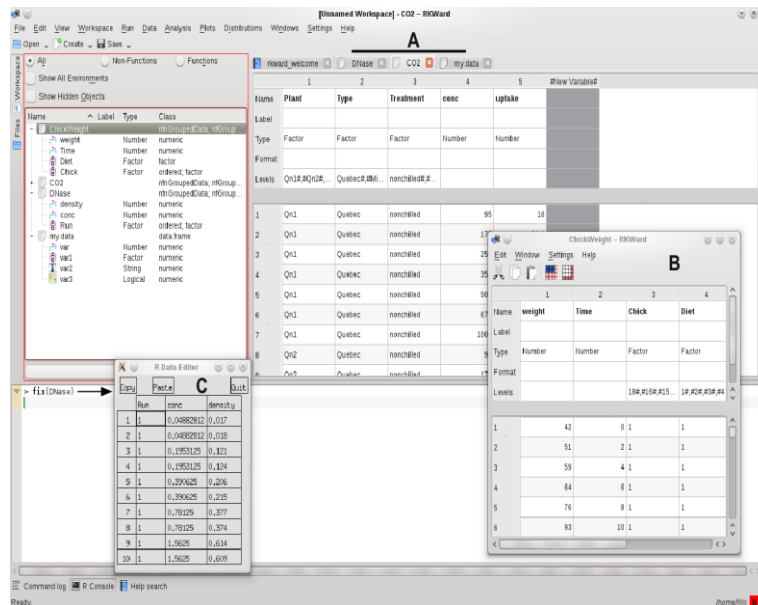


Figura 4. Panorama general de la interfaz de *RKward*

Así, en los últimos años se han desarrollado y aplicado en el ámbito educativo diversos programas de cómputo especializado de uso libre. Se han utilizado complementos estadísticos para hojas de cálculo como Microsoft Excel. También se han usado con éxito programas alternativos como *gretl*, *PSPP*, entre otros para tratar tópicos estocásticos en el aula (V. gr Ledesma, 2004, 2008; Cao & Naya, 2010, entre otros). No obstante, el entorno de programación *R* es quizá el que ofrece mayores prestaciones para usarse en el aula por los beneficios inherentes al aprendizaje de la estadística, a saber, aprender a programar, gran potencial de desarrollo intelectual para el estudiantado, y sentido de pertenencia a una comunidad epistémica internacional que promueve la difusión del conocimiento. Asimismo, con el continuo desarrollo de interfaces gráficas de usuario –*Rcommander*, *RKward*, *RStudio*, entre otras-, las posibilidades de su uso en educación se incrementan.

5. CONCLUSIONES

Como se indicó líneas atrás, la popularización de Internet y las ventajas que su acceso ofrece, han acelerado el florecimiento de una colectividad más informada. Sin embargo, también se han generado retos en diversos sectores de interés social, siendo uno de ellos el educativo. Así, el profesorado ha enfrentado problemas para incorporar TIC en su práctica docente, lo cual constituye una problemática particular por la diversidad de campos en los que son útiles. En el caso particular de la estadística, se ha incrementado el uso de programas de cómputo especializado para su enseñanza. Tradicionalmente han sobresalido los paquetes de cómputo de uso restringido al pago de licenciamiento, y, algunos que operan como complementos de programas más grandes. Empero, la última década se ha caracterizado por el crecimiento en el uso del comúnmente llamado “software libre” esto ha sucedido posiblemente por varias razones. La primera es que la mayoría de este software iguala (y en algunas ocasiones supera) las prestaciones del “software propietario”. Así, no existen diferencias marcadas entre la sofisticación y “poder” computacional entre *gretl* y *EViews*, *u Octave* y *SciLab* con *Matlab*. La segunda es que son de libre acceso y algunos ponen a disposición de la comunidad de usuarios el código de programación para efectuar adecuaciones y extensiones a sus capacidades de cómputo. La tercera es que la mayoría es multiplataforma. La cuarta es la gran cantidad de material de estudio existente en Internet que se encuentra bajo *Licencia de Documentación Libre de GNU*. Otra razón es que generalmente es “bien” aceptado por la comunidad científica, profesores, estudiantes y administradores educativos por las virtudes enunciadas anteriormente.

Consideramos necesario promover el uso de programas informáticos de uso libre en el tratamiento de tópicos estocásticos de todos los niveles educativos. Las ventajas son muchas y significativas. Así, también creemos importante que el profesorado debe inicialmente examinar las características de cada programa para utilizarlos de la mejor manera posible teniendo en cuenta algunos factores como *edad del estudiante, grado que cursa, perfil académico, infraestructura informática escolar, idioma de la herramienta*, entre otras.

Así, una opción es que en los primeros grados escolares cuando se inicia la educación estadística, se comience a usar *complementos* de hoja de cálculo -*PopTools, PHStats2, MegaStat*-, luego, a medida que el estudiante avanza en su formación escolar, utilizar programas generales como -*PSPP, WinIDAMS*, entre otros-, para finalmente incursionar en el uso de entornos de programación como *R*.

Otra alternativa puede ser iniciar con entornos de programación, bajo la premisa de que al analizar situaciones problema en el campo de la estadística, es factible que el alumno aprenda los rudimentos de la programación moderna. Naturalmente que dichas situaciones deberán tener un grado de dificultad acorde al desarrollo intelectual de alumnado.

Ciertamente, las sugerencias anteriores pueden parecer extremadamente difíciles para instrumentarse en el aula, especialmente en niveles educativos inferiores (V.gr sexto a noveno grado). Puede ser difícil para el profesorado alcanzar el grado de dominio necesario en las áreas de estadística, programación y en la confección de didácticas *ad hoc*. Sin embargo, en todo caso, hacen falta estudios que sometan a prueba dichas sugerencias.

Creemos que aún falta mucho por hacer, no obstante se cuenta con algunas ventajas que vale la pena aprovechar. Los programas ahí están y continúan evolucionando gracias al apoyo de entusiastas comunidades epistémicas a nivel internacional. Los estudiantes son proclives a usarlos en su vida cotidiana y en su ámbito académico, además de que las autoridades escolares tienen disposición en su utilización por las ventajas que conlleva.

RECEIVED NOVEMBER 2012

REVISED JANUARY 2013

REFERENCIAS

[1] ABÁNADES, M., BOTANA, F., ESCRIBANO, J. and TABERA, L. (2009). Software matemático libre. *Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española*. 0, 0, 3-24

[2] ANDREWS, S. (2010). Statistical software for teaching: relevant, appropriate and affordable. **8th International Conference on Teaching Statistics**. Ljubljana, Slovenia. Consultado el 30 de octubre de 2012. Disponible en http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/icots8/ICOTS8_2D1_ANDREWS.pdf

[3] ARNOLD, P. and PFANNKUCH, M. (2010). Enhancing students' inferential reasoning: from hands on to "movie snapshots". **8th International Conference on Teaching Statistics**. Ljubljana, Slovenia. Consultado el 1 de octubre de 2011. Disponible en http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/icots8/ICOTS8_2D2_ARNOLD.pdf

[4] ATTORPS, I., BJÖRK, K. and RADIC, M. (2009). The use of mathematics software in university mathematics teaching. **7th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education**. Gävle, Suecia.

[5] BURRILL, G. (2010). Using data to make sense of statistics: the role of technology in scaffolding understanding. **8th International Conference on Teaching Statistics**. Ljubljana, Slovenia. Consultado en 16 de enero de 2011. Disponible en http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/icots8/ICOTS8_2D4_BURRILL.pdf

[6] CAO, R. and NAYA, S. (2010). The use of statistical software to teach nonparametric curve estimation: from Excel to R. **8th International Conference on Teaching Statistics**. Ljubljana, Slovenia. Consultado el 1 de octubre de 2011. Disponible en http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/icots8/ICOTS8_4B1_CAO.pdf

[7] CARNEIRO, R; TOSCANO, J. and DÍAZ, T. (Coord). (2009). **Los desafíos de las TIC para el cambio educativo**. OEI, España.

[8] LEDESMA, R. (2004). Sistemas estadísticos de propósitos múltiples: una revisión de programas gratuitos. *Metodología de Encuestas*, 6, 2, 105-117. Consultado el 21 de mayo de 2012. Disponible en

<http://casus.usal.es/pkp/index.php/MdE/article/view/956/897>

[9] LEDESMA, R. (2008). Software de Análisis de Correspondencias Múltiples: Una Revisión Comparativa. **Metodología de Encuestas**, 10, 59-78. Consultado el 11 de septiembre de 2012. Disponible en <http://casus.usal.es/pkp/index.php/MdE/article/view/987/928>

[10] LEDESMA, R., VALERO-MORA, P. and MOLINA, J. (2010). Vista: Un Software para la Enseñanza de la Estadística y la Psicometría. **Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento**. 2,2, 52-59. Consultado el 3 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.psych.unc.edu.ar/racc/index.php/comportamiento/article/view/50/Ledesma>

[11] PÉREZ, A. (2006). El profesorado de matemáticas ante las tecnologías de la información y la comunicación. **Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española**. 9, 2. 521-544. España

[12] PILLI, O. and MERAL, A. (2012). The effects of computers-assisted instruction on the achievement, attitudes and retention of fourth grade mathematics students in North Cyprus. **Computers and Education**, 62,62-71. Elsevier

[13] ROJANO, T. (2003). Incorporación de entornos tecnológicos de aprendizaje a la cultura escolar: proyecto de innovación educativa en matemáticas y ciencias en escuelas secundarias públicas de México. **Revista Iberoamericana de Educación**. 33, 135-168. Consultado el 8 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.rieoei.org/rie33a07.htm>

[14] STANDER, J. and EALES, J. (2011). Using R for teaching financial mathematics and statistics. **MSOR Connections**. 11, 1, 7-11. Consultado el 22 de octubre de 2012. Disponible en <http://face3d.ac.uk/headocs/Stander.pdf>

[15] UNESCO. (2009). **Medición de las tecnologías de la información y la comunicación en educación. Manual del usuario**. Instituto de Estadística de la UNESCO, Canadá.

[16] VISHAKHA, P. (2010). Fathom that!: an ethnography of the use of interactive data analysis software in a statistics class of a high school serving low-income students. **8th International Conference on Teaching Statistics**. Ljubljana, Slovenia. Consultado el 28 de septiembre de 2012. Disponible en http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/icots8/ICOTS8_2D3_PARVATE.pdf