

Informática para profesionales de la Geología: docencia, aprendizaje y práctica

María Vaquero Domínguez

Dpto. de Informática
Universidad de Salamanca
37008 Salamanca
e-mail: mvaquero@usal.es

Roberto Therón Sánchez

Dpto. de Informática
Universidad de Salamanca
37008 Salamanca
e-mail: therón@usal.es

Resumen

En este documento se aborda la situación de la docencia de la Informática en los estudios de Licenciatura e Ingeniería Geológica. En concreto, se analizan los planes de estudio de los centros que imparten estas titulaciones a lo largo de la geografía española, para observar la disparidad entre los que imparten y los que no ofrecen contenidos informáticos dentro de dichas carreras.

Dichos conocimientos son escasos y se imparten a través de asignaturas cuatrimestrales y de carácter optativo, no ajustándose a la demanda de conocimientos informáticos por parte de las empresas a los profesionales de la Geología.

La Universidad es un elemento de la sociedad cambiante actual, y como tal, debe atender a sus necesidades y demandas, tanto educativas como profesionales.

Así, se concluye que la formación informática que reciben los alumnos de estas titulaciones, es insuficiente, dadas sus necesidades debidas al carácter técnico de la titulación y la complejidad de la instrumentación geológica.

1. Introducción

Siendo la Informática la ciencia que más rápidamente ha adoptado la sociedad, los miembros de ésta necesitan recibir una formación adecuada para no ser superados por la tecnología. A la vista de tal situación, la Informática como asignatura universitaria está presente en la práctica totalidad de las titulaciones. También es cierto que en gran parte de los casos, tal presencia sólo es optativa, y generalmente reducida a una Informática Básica.

Sin embargo, hay algunas áreas técnicas que requieren de sus licenciados un manejo de herramientas y entornos informáticos que van más allá del manido “conocimiento a nivel de usuario”. Este es el caso de los Licenciados en Geología e Ingenieros Geólogos.

El resto del artículo se organiza como sigue: en la segunda sección se analiza la situación de la Informática en el plan de estudios de Geología.

En el tercer apartado se analiza como caso de estudio una situación de trabajo real a la que se puede enfrentar un recién licenciado. Encontrándose por una parte con numerosas dificultades a la hora de elaborar un mapa topográfico del océano, y por otra la inexperiencia total en el diseño y manipulación de una base de datos oceanográfica.

En el cuarto apartado se propone un programa docente que podría solventar la situación actual.

En la quinta sección se ilustra la relación entre Informática y Geología con una herramienta informática desarrollada para la docencia e investigación en la titulación de Geología [7].

Finalmente se exponen las principales conclusiones a las que ha llegado este estudio.

2. Informática como materia optativa

Tras un análisis de los planes de estudio de los centros que imparten estas titulaciones a lo largo de la geografía española [9], se observa que la Informática como asignatura específica dentro del plan de estudios de Licenciado en Geología sigue sin formar parte de las materias optativas que pueda cursar un alumno. Aunque existen algunos centros donde sí se imparte, llama la atención el

carácter optativo de la asignatura. Otro factor a tener en cuenta es la poca importancia que recibe la parte práctica, el número de créditos prácticos como máximo es de 2,5.

En la Tabla 1 se observan los centros en los que se imparte una formación informática a través de una serie de asignaturas y el número de créditos tanto teóricos como prácticos. Todas las universidades que imparten la titulación “Ingeniería Geológica” tienen en sus planes de estudio asignaturas optativas u obligatorias relacionadas con la Informática (Tabla 2).

Análisis de la información (Tabla 1 y 2):

- De los datos presentados cabe destacar que sólo en el 25% de los centros que imparten la Licenciatura en Geología incluyen materias optativas relacionadas con la Informática, mientras que dichas materias se incluyen en el 100% de los centros que imparten la Ingeniería¹
- Es de destacar que en La Universidad Complutense de Madrid la asignatura “Aplicaciones Informáticas en Geología” no tenga créditos prácticos, cuando su programa se centra sobre todo en la realización de prácticas.
- Otro dato de interés es el carácter obligatorio de la asignatura “Aplicaciones Informáticas en Geología” dentro de la titulación de Ingeniería Geológica, Universidad de Salamanca. Constituyendo un buen referente a la hora de valorar la importancia de la formación informática.
- Es significativo que en la Universidad de Salamanca el número de créditos de la asignatura “Aplicaciones Informáticas y Programación Básica” sea 6, superando en 1,5 al resto de asignaturas impartidas a lo largo de la geografía española.
- La mayoría de las materias de Informática se imparten en el segundo ciclo, lo cual retrasa el aprendizaje de los alumnos e impide una formación continua.

- Analizando los programas de las asignaturas, llegamos a la conclusión de que en los estudios de Geología, al igual que ocurre en otras titulaciones como Diplomado en Turismo [6], la docencia de Informática se reduce a una informática básica, que no se ajusta a las necesidades de los alumnos. Los conocimientos que se adquieren se basan en Ofimática y están limitados a la plataforma Windows. Dado el carácter técnico de los trabajos en Geología y el gran volumen de datos que se maneja, este sistema operativo resulta insuficiente, pues muchas de las aplicaciones se desarrollan para trabajar en estaciones de trabajo con sistemas de la familia UNIX.

En contraste con la pobre formación, existe en el mercado una gran cantidad de herramientas informáticas desarrolladas para el ámbito geológico. Entre las más destacadas están las de cálculo de volúmenes, tratamiento de imágenes, cálculo de gradientes, cartografía, modelado y simulación de sistemas geológicos, etc. En los programas actuales no se recoge el uso de estas herramientas y tampoco se proporciona a los alumnos los conocimientos necesarios para elaborar sus propios programas.

Universidad Complutense de Madrid	Descripción de la Asignatura	Aplicaciones Informáticas en Geología
	Curso	Quinto
	Clase	Optativo
	Carácter	Cuatrimestral
	Créditos	4,5
	Práctica	0
Universidad de Salamanca	Descripción de la Asignatura	Aplicaciones Informáticas y Programación Básica
	Curso	Segundo
	Clase	Optativa
	Carácter	Cuatrimestral
	Créditos	6
	Práctica	1,5

Tabla 1. Licenciatura en Geología

¹ No se considera la Universidad Politécnica de Valencia, puesto que no se puede cursar la titulación completa.

Universidad de Alicante	Descripción de la Asignatura	Diseño de Ingeniería por Ordenador
	Curso	Sin curso
	Clase	Optativo
	Carácter	Cuatrimstral
	Créditos	4,5
	Práctica	1,5
Universidad de Barcelona	Descripción de la Asignatura	Programación Gráfica y Técnicas Visuales
	Curso	Quinto
	Clase	Optativa
	Carácter	Cuatrimstral
	Créditos	4,5
	Práctica	2,5
Universidad Complutens de Madrid	Descripción de la Asignatura	Aplicaciones Informáticas en Geología
	Curso	Quinto
	Clase	Optativa
	Carácter	Cuatrimstral
	Créditos	4,5
	Práctica	0
Universidad Politécnica de Cataluña	Descripción de la Asignatura	Programación Gráfica y Técnicas Visuales
	Curso	3 ó 4
	Clase	Optativa
	Carácter	Cuatrimstral
	Créditos	4,5
	Práctica	2,5
Universidad de Salamanca	Descripción de la Asignatura	Aplicaciones Informáticas en Geología
	Curso	3
	Clase	Obligatoria
	Carácter	Cuatrimstral
	Créditos	4,5
	Práctica	1,5

Tabla 2. Ingeniería Geológica

Si bien, es verdad que en ciertas asignaturas troncales u optativas como “Teledetección” o “Sistemas de Información Geográfica”, se imparte una base informática necesaria para comprender la temática; sirva como ejemplo que dentro del plan de estudios de la Ingeniería Geológica impartida en la Universidad de Alicante se encuentra la asignatura “Técnicas de cartografía avanzada” donde se incluyen temas como Sistemas de Información Geográfica, Modelos Digitales del terreno, etc, utilizando un soporte informático. En contraposición a este tipo de asignaturas se encuentran la mayoría de las impartidas en la titulación, en las que el aprendizaje se basa en clases magistrales sin inclusión de nuevas tecnologías.

La Universidad es un elemento de la sociedad actual, y como tal, debe atender a sus necesidades y demandas, tanto educativas como profesionales. No debe limitarse a una formación meramente académica en la que primen los conocimientos intelectuales. Uno de sus objetivos es ir más allá y lograr una educación permanente que favorezca el autoaprendizaje y facilite la incorporación en el mundo profesional. Para ello el alumno debe adquirir conocimientos y capacidades más acordes con la situación cambiante que atraviesa nuestra sociedad; en este sentido, las nuevas tecnologías han producido numerosos cambios. Dicha alteración está patente en muchos aspectos, por ejemplo, en la demanda de conocimientos informáticos por parte de las empresas a los profesionales de la Geología.

El uso de nuevas tecnologías y una sólida formación informática ayudan al alumno en su proceso de aprendizaje. Por esta razón es evidente la necesidad de diseñar una titulación con unos planes de estudio flexibles, acorde con el nuevo perfil, y cuyo objetivo sea una formación continua [4].

Es precisamente esta falta de conocimientos y la necesidad del uso de nuevas tecnologías lo que hace proponer una formación más acorde con las necesidades de los alumnos de Geología, que disponga de nuevos métodos de aprendizaje, basados en tecnologías de la información y la comunicación. Esta misma situación se ha detectado en otras titulaciones y, similarmente, se han realizado análisis con conclusiones de parecida índole, entre otras: nueva programación

aplicada a la Licenciatura de Matemáticas [5] o una mejora en general de la enseñanza informática en diferentes titulaciones [1].

3. Caso de estudio

Como ejemplo que ilustra la necesidad de una mayor formación informática, se muestra a través de un caso práctico, las dificultades e inconvenientes con los que se encuentran los alumnos, a la hora de elaborar un mapa batimétrico: cartografía de profundidades oceánicas para determinar la topografía del fondo marino [8]. Para ello, se parte de datos almacenados en bases de datos oceanográficas, con información de diferentes aspectos geológicos (Figura 1). Es patente la inexperiencia total de los alumnos al manejar dicha información y, entre otros, se enfrentan a los siguientes problemas:

1. Los equipos de adquisición de datos utilizan como medio de almacenamiento plataformas que requieren gran potencia y seguridad, como plataformas UNIX. Los alumnos no están familiarizados con ellas y no conocen su funcionamiento.
2. La gran cantidad de datos recopilados (datos brutos) necesitan volcarse en dispositivos de almacenamiento secundario como cintas o discos magnéticos. Los alumnos no conocen los comandos básicos para almacenar los datos y posteriormente recuperarlos.
3. Es necesario extraer la información correspondientes a la zona a representar, para ello, se debe manejar herramientas gráficas que limitan los datos al área estudiada. Los alumnos carecen de experiencia en el manejo de dichas herramientas.
4. Dada la cantidad de información recopilada, existen numerosos datos no válidos, debidos a errores de adquisición, interferencias con aparatos electrónicos, adversidades climáticas, etc. Estos datos deben ser corregidos y filtrados. Los alumnos desconocen las herramientas que les pueden facilitar su corrección y tampoco son capaces de crear sus propios filtros con lenguajes de programación como Matlab.

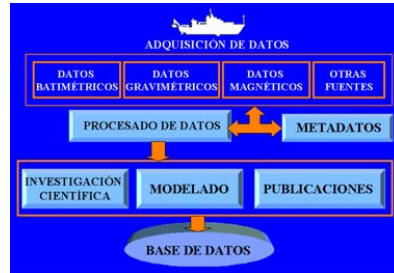


Figura 1. Generación de una base de datos oceanográfica



Figura 2. Contenido de la base de datos

5. Una vez procesados los datos es interesante ver una representación gráfica de ellos. Para la elaboración de productos como modelos digitales del terreno, y cartografía temática.

6. Finalmente los datos filtrados y corregidos, deben ser exportados a una base de datos donde se almacenan para futuras consultas. Como se observa en la Figura 2, engloban información de la topografía del terreno (datos recogidos con instrumentación específica), las campañas oceanográficas realizadas, y los resultados obtenidos (publicaciones científicas). Los alumnos se encuentran con la dificultad de que carecen de conocimiento sobre sistemas de bases de datos. Por lo tanto, no pueden crear sus propias bases de datos, ni tampoco tienen la posibilidad de introducir, actualizar o recuperar información de las existentes.

4. Propuesta de un programa docente

En este apartado se propone un programa de una asignatura para dotar a los alumnos, no sólo de conocimientos teóricos de la Informática, sino conseguir que adquieran una capacidad del manejo de equipos informáticos, que les puedan ser útiles para su formación geológica y les faciliten la integración en el mundo laboral o en posteriores estudios o investigaciones.

Los objetivos iniciales de este programa, que se imparte en la Licenciatura o Ingeniería Geológica son:

- Proporcionar al alumno unos conocimientos básicos, en el ámbito de usuario, de los paquetes desarrollados específicamente para trabajos en Geología.
- Facilitarle la comprensión de la terminología usada habitualmente en los ámbitos informáticos.
- Capacitar para poder responder con herramientas propias a problemas particulares.

La asignatura se centraría principalmente en la utilización de la plataforma UNIX para el procesado, análisis, modelado y visualización de datos geofísicos. Conjuntamente se recibiría una formación de los comandos básicos de UNIX para el manejo de ficheros. La asignatura incluiría:

- Introducción al manejo de bases de datos públicas con información de batimetría, terremotos, propiedades físicas del océano, y otros datos geofísicos.

- Introducción al procesamiento y visualización de datos geológicos y oceanográficos. Se podría utilizar el paquete GMT gratuito.
- Introducción a aspectos computacionales para el procesado de datos sísmicos utilizando paquetes de programas estándar y públicos.
- Introducción a la programación de alto nivel para manipulación de datos geológicos y modelos geofísicos. Matlab, C, Visual Basic, etc.

Es interesante destacar en este último punto, que actualmente Matlab es quizás uno de los entornos informáticos líderes en aplicaciones científicas. Por ello sería adecuado y muy fructífero que los alumnos aprendieran a utilizar Matlab a través de ejercicios específicos relacionados con la Geología, como por ejemplo:

- Matrices de datos geológicos.
- Límites, series, series de Fourier y de predicción de terremotos.
- Diferenciación parcial y flujo del calor
- Múltiple integración y desintegración de hidratos.
- Integración y refracción sísmica.
- Número complejos y geofísica electromagnética.
- Ecuaciones diferenciales y velocidad sísmica.

Tanto los contenidos como objetivos de la propuesta planteada son similares a los correspondientes a asignaturas relacionadas con la Informática en la Licenciatura de Geología impartidas en otros países [2].

Hay que ser consciente de que adquirir estas capacidades conlleva enfrentarse a las siguientes dificultades:

- Los alumnos deben tener una sólida formación matemática, que se adquiere en el primer año de carrera.
- Existe una limitación de horarios patente en todos los centros y normalmente nos encontramos con la problemática del límite de equipos por alumno y de disponibilidad de licencias.
- Dada la extensión de conocimientos se debería impartir en una asignatura anual o en dos cuatrimestrales.

5. Herramienta informática para la docencia

Para finalizar y para que ilustre la íntima relación entre Informática y Geología, se muestra un ejemplo del uso de una herramienta (PaleoPlot, <http://carpe.usal.es/~paleotools>) desarrollada explícitamente para el manejo por expertos geólogos y alumnos de la Universidad de Salamanca

Estudio del contexto:

La variabilidad climática a gran escala ha estado regulada por cambios periódicos en la configuración astronómica de la geometría de tierra-sol. Durante los últimos cientos de miles de años, los parámetros astronómicos han determinado el clima del planeta que ha oscilado del estado glacial al interglacial y viceversa en función de la configuración astronómica existente en cada momento [3].

Los registros geológicos marinos son una de las pocas evidencias con las que cuentan los geólogos para reconstruir de manera completa estos cambios climáticos.

Los alumnos de la Licenciatura o Ingeniería Geológica estudian estos cambios en diversas asignaturas como "Paleoceanografía", "Prospección y explotación oceánica", etc, y cómo afectan a las especies de nanofósiles características de cada edad. Normalmente tienen que familiarizarse con gráficas en las que se reflejan las variaciones en el placton marino en relación a las variaciones cíclicas astronómicas.

Para facilitar el aprendizaje de estas asignaturas es interesante que los alumnos manejen la herramienta PaleoPlot (Figura 3), diseñada para monitorizar, integrar y analizar series paleoclimáticas. La herramienta actualmente se utiliza con datos de microfósiles pero podría aplicarse a cualquier series de datos y otros campos como la Estadigrafía.

Conceptos del diseño:

Se pensó en diseñar esta herramienta e incluir a los alumnos en el proyecto teniendo en cuenta unos puntos de partida:

- Es independiente del sistema operativo, puesto que no todos los alumnos están familiarizados con entornos como UNIX.
- Dispone de una arquitectura fácilmente escalable, proporciona una forma de introducir una alimentación de los usuarios y de incorporar nuevas técnicas.
- La interfaz gráfica es sencilla de utilizar e intuitiva, los alumnos de Geología no suelen tener mucha práctica en el manejo de ordenadores y tienen dificultades con los distintos formatos de ficheros y su creación.
- Se basa en un entorno completamente personalizado, para evitar la necesidad de programas adicionales que realicen por ejemplo el cambio de formato de los números o los colores de los gráficos.
- Posee un eficiente manejo de información como corrección de datos incongruentes y representación de datos efectivas .

Todas las opciones son accesibles desde la barra de menús, en la parte superior de la ventana principal. El resto de la herramienta, está formada por multitud de ventanas y de cuadros de diálogo que dependen del estado de la operación y del análisis realizado (Figura 3 y 4).

Objetivos alcanzados:

- Los alumnos asimilan que el clima cambia como resultado de la interacción de la variabilidad astronómica que regula los grandes ciclos climáticos y los cambios bruscos de tipo milenario.
- Facilita el trabajo de los paleoceanógrafos ayudándoles durante todo el proceso: partiendo de la integración y correlación de diferentes bases de datos, continuando con análisis interactivo y concluyendo con resultados e impresiones.
- El uso de esta herramienta permite que aprendan de un forma deductiva, relacionando conocimientos.
- La interfaz gráfica de la herramienta ayuda a tener una representación que amplía la visión de la información, ayudando al alumno a asimilar conocimientos (Figura 4).

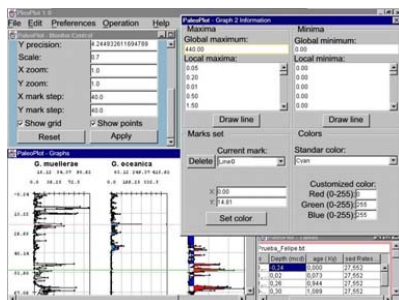


Figura 3. Interfaz gráfica de la herramienta PaleoPlot

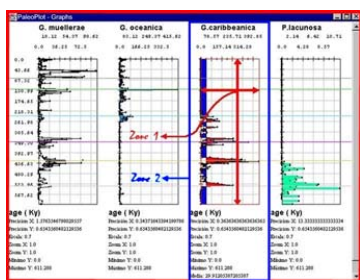


Figura 4. Ventana de análisis de gráficas correspondientes a series temporales

6. Conclusiones

Es importante resaltar que a universidad no debe limitarse a impartir aquellos contenidos básicos de usuario en el campo de la Informática. Es necesario ir más allá e impartir contenidos más específicos relacionados con Geología para el desarrollo de su futura profesión, así como manejar herramientas específicas para facilitar su trabajo y la asimilación de conocimientos. En este sentido hay que reseñar que incorporar nuevas tecnologías facilita el poder seguir un enfoque constructivista del aprendizaje a través de una comprensión activa.

Referencias

- [1] Alonso, P., García, F., y Mollá, R. *Mejoras en el aprendizaje de la informática en otras escuelas universitarias*. JENU'99. V Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, Zaragoza, octubre, 1999.
- [2] Charman, D., y Elmes, A. *Computer based assessment (Volume 2) Case studies in Science & Computing*. SEED Publication. University of Plymouth, 1998.
- [3] Imbrie, J., Hays, J.D., Martinson, D.G., McIntire, A., Mix, A.C., Morley, J.J., Pisias, N.C., Prell, W.L., y Shackleton, N.J. *The orbital theory of Pleistocene Climate. Support from a revised chronology of marine $\delta^{18}O$ record*. Milankovitch and Climate, Reidel, Dordrecht:269-305. 1984.
- [4] García, J. *Las directrices Propias de las Titulaciones de Informática. La urgente necesidad de cambio*. JENU'2002. VIII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, Cáceres, julio 2002.
- [5] Llorens, F., Molina, R., Rizo, R. y Satorre, R. *La Programación en la Licenciatura en Matemáticas*. JENU'99. V Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, Zaragoza, octubre 1999.
- [6] Ministral, M., y Majó, J. *La informática en los estudios de turismo*. TURITEC. Turismo y tecnologías de la información y las comunicaciones. Málaga, 1999.
- [7] Therón, R., Flores, J.A., Sierro, F.J., Vaquero, y M., Barbero., F. *PaleoPlot: A tool for the Analysis, Integration and Manipulation of Time-series Paleorecords*. Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Canadá 2002.
- [8] Vaquero, M., Acosta, J., Muñoz, A., Palomo, C. *Ecosondas multihaz de alta resolución. Aplicaciones a la hidrografía-oceanografía litoral*. Geotemas. Volumen 1(4), 2000.
- [9] Web. Páginas Web de las distintas universidades españolas.