

Desarrollo de la comprensión y de habilidades sociales. Una experiencia en álgebra lineal.

Sonia Pastorelli; Lilian Cadoche

Resumen

En este trabajo se da cuenta de una forma de intervención realizadas en la cátedra Álgebra, donde interesó relacionar las habilidades sociales con los desempeños de comprensión alcanzados por jóvenes a través del desarrollo de un proyecto de laboratorio integrador usando un sistema algebraicos de cómputos. Se trata de un estudio de caso cuyo objetivo es retratar algunas de las interacciones logradas con los alumnos que exhibieron distintos niveles de comprensión. Para ello se realizaron y analizaron entrevistas donde los estudiantes valorizaron comprensión y habilidades propias y de pares.

Abstract

In this work we gives an account of a form of intervention realized in Algebra of engineering. We were interested to relate the social skills with the performances of understanding achieved by youngsters through the development of a project of laboratory work using an algebraic system of computation. This is a case study which aims to portray some of the successful interaction with students who exhibited different levels of understanding. For this, analysis and interviews were conducted where students valued skills and understanding of themselves and peers.

Resumo

Neste trabalho presta-se conta de uma forma de intervenção realizada na disciplina Álgebra, onde interessou relacionar as habilidades sociais com os desempenhos de entendimento alcançados por jovens através do desenvolvimento de um projeto de laboratório integrador usando um sistema algébrico de cálculos. Trata-se de um estudo de caso cujo objetivo é retratar algumas das interações conseguidas com os alunos que mostraram diferentes níveis de compreensão. Para isso se realizaram e analisaram entrevistas onde os estudantes valorizaram compreensão e habilidades próprias e dos colegas.

Introducción

A través de experiencias realizadas en cátedras del área matemática hemos encontrado evidencias de que los software SAC (Sistemas Algebraicos de Cómputos) son herramientas que apoyan la colaboración y el aprendizaje entre pares, el ensayo de distintos caminos en la resolución de problemas, el uso de distintos registros para el abordaje de los temas, la autovaloración de los avances y el desarrollo de desempeños de comprensión cada vez más refinados.

Sin descuidar la atención en el rendimiento académico del alumno (la dimensión quizás más valorada en el proceso de enseñanza y aprendizaje), en este trabajo nos interesa relacionar las habilidades sociales, desempeños de comprensión y motivación alcanzados por jóvenes a través del desarrollo de un proyecto integrador.

Se trata de un estudio de caso cuyo objetivo es retratar algunas de las interacciones logradas con los alumnos que exhibieron distintos niveles de comprensión. Para ello se realizaron y analizaron entrevistas donde los estudiantes valorizaron comprensión y habilidades propias y de pares.

El análisis obedece a la idea de que de esta comunicación e intercambio se obtienen mejores indicadores de ese proceso difícil de evaluar, complejo y a la vez fascinante, que es el que se desarrolla cuando se intenta enseñar para la comprensión.

Objetivo de la experiencia

El objetivo de la investigación que da origen a esta comunicación fue diseñar una secuencia didáctica para mejorar los desempeños de comprensión de un grupo de alumnos que cursó la asignatura álgebra perteneciente a la carrera Licenciatura en Organización Industrial. Nos preguntamos: ¿Puede, el diseño de una secuencia didáctica apropiada que incorpore softwares matemáticos, ayudar a mejorar la comprensión de los conceptos matriz pseudoinversa y noción de cuadrados mínimos en el estudio de sistemas lineales?

Para dar respuesta a este interrogante se diseñó una secuencia didáctica. El énfasis se centró en la comprensión y uso activo de los conocimientos compartidos, basando esta experiencia en el marco conceptual de la Enseñanza para la Comprensión (EpC). Esta metodología de la enseñanza deriva de cuatro preguntas claves que se realiza todo docente:

- ¿Qué tópicos se deben comprender?
- ¿Qué aspectos de esos tópicos deben ser comprendidos?
- ¿Cómo podemos promover la comprensión?
- ¿Cómo podemos averiguar lo que comprenden los alumnos?

Las respuestas a estas preguntas son los pilares de la EpC y se denominan respectivamente Tópicos Generativos, Metas de Comprensión, Desempeños de Comprensión y Evaluación Diagnóstica Continua.

En esta experiencia se adoptó como tópico generativo el “ajuste de datos”; como meta de comprensión que “los alumnos comprendan como utilizar lo que saben para encontrar ecuaciones que representen razonablemente bien un fenómeno dado a través de datos”. El desempeño final de síntesis fue realizar un proyecto consistente en “reproducir, utilizando un sistema algebraico de cómputos, un dibujo diseñado en papel”, mientras que la valoración continua de los aprendizajes tuvo su eje en la tutoría para el desarrollo del proyecto.

La EpC aboga por la mejora de los desempeños de comprensión a través de la valoración continua de los mismos, recurso pocas veces usados en la universidad (en este contexto la evaluación tradicionalmente se hace a través de un examen final, con propósitos de evaluación sumatoria). Los desarrollos de proyectos son adecuados para este fin, ya que a la vez que permiten observar los desempeños de los estudiantes, posibilitan retroalimentar y andamiar el aprendizaje. La observación de los desempeños durante la etapa de investigación guiada junto a los desplegados en la evaluación integradora permitió reconocer el nivel de comprensión de los tópicos para cada estudiante.

Diseño de la experiencia

La secuencia involucra inicialmente el desarrollo práctico de los tópicos utilizando tecnologías tradicionales (calculadoras, transparencias, retroproyector). El tratamiento de los contenidos en esta clase lo denominamos intuitivo-numérico, se realizó en la 8^o semana de la cursada y reflejó el previsto por el diseño curricular, a juicio del orden enunciado en los contenidos mínimos; esto es, luego de sistemas lineales, antes de espacios vectoriales.

La valoración de la comprensión a través de esta metodología (tradicional) se realizó a través de un ejercicio de la segunda prueba parcial (9^o semana). Más allá de ser una evaluación sumatoria, se diseñó un instrumento para valorar la comprensión previa (considerando ésta como la alcanzada sin utilizar los SAC).

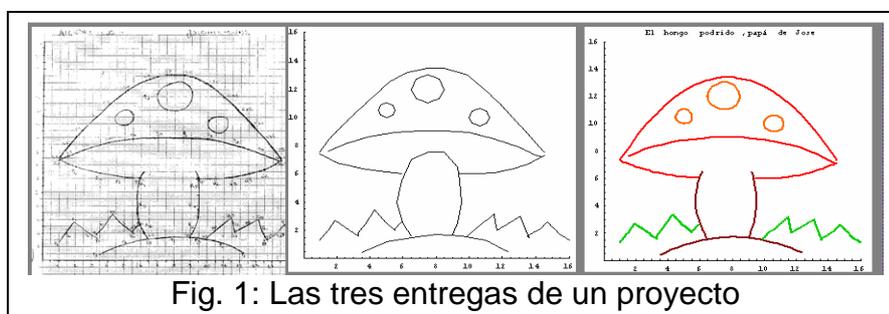
El desarrollo de los contenidos utilizando sistemas algebraicos lo denominamos intuitivo-gráfico ya que es previo al tratamiento teórico y permite advertir visualmente la aproximación de la solución aproximada por mínimos cuadrados del sistema lineal derivado de un ajuste de datos. Se realizó en la 10^o semana en el laboratorio de computación. Desde aquí y hasta el final de la cursada (17^o semana) cada alumno desarrolló su proyecto (esto es reproducir su diseño, utilizando el software matemático, lo que involucra conocer una ecuación para cada trazo del mismo).

Finalmente el tratamiento formal de los contenidos, luego del desarrollo de espacios vectoriales, se realizó en la 14^o semana de cursada.

La observación de los desempeños durante la etapa de investigación guiada junto a los desplegados en la evaluación integradora permitió reconocer el nivel de comprensión de los tópicos para cada estudiante, así las actitudes de cooperación y las habilidades sociales desarrolladas por los mismos.

Una entrevista final, permitió indagar, según la visión del estudiante, la influencia del desarrollo del proyecto en la comprensión de los contenidos de la asignatura, y su opinión sobre la experiencia educativa.

Para resumir el proyecto personal de cada alumno, pilar fundamental de esta experiencia, se ejemplifica en el gráfico 1 con las tres entregas del proyecto de una alumna.



En la primera entrega planificada para la cuarta semana de la cursada, los estudiantes debieron realizar un diseño sobre papel cuadriculado respetando consignas. En la segunda se replicaba el dibujo usando el soft *Mathematica* usando el comando ListPlot, lo que significa sintéticamente que para ello se debían relevar

las coordenadas de los puntos y unirlos a través del comando (trabajando en forma similar a lo que se haría con un lápiz). Esta entrega fue proyectada para ser realizada durante la séptima semana y con el objetivo que los estudiantes se familiarizaran en la manipulación del soft. En la tercer entrega también se replicaba el dibujo usando el soft pero usando ahora la primitiva gráfica ParametricPlot, lo que significa que el estudiante debió conocer una ecuación matemática que liga las coordenadas (x,y) de los puntos pertenecientes a cada línea. Fue en esta tercera entrega donde se debían utilizar e integrar los conceptos cuyos desempeños de comprensión interesaba desarrollar a la vez de observar.

Los estudiantes

En esta experiencia participaron 41 jóvenes (20 mujeres y 21 varones). 24 de ellos son jóvenes egresados de la media recientemente, mientras que para 11 tienen más de 22 años. El 60% no trabaja, mientras que el 20% trabaja más de 44 horas semanales. La mayoría se siente a gusto estudiando matemática.

En la encuesta realizada a inicio de la cursada, los alumnos manifiestan reconocer que comprenden cuando ocurre lo que muestra la figura 2 (muchos eligen más de una opción)

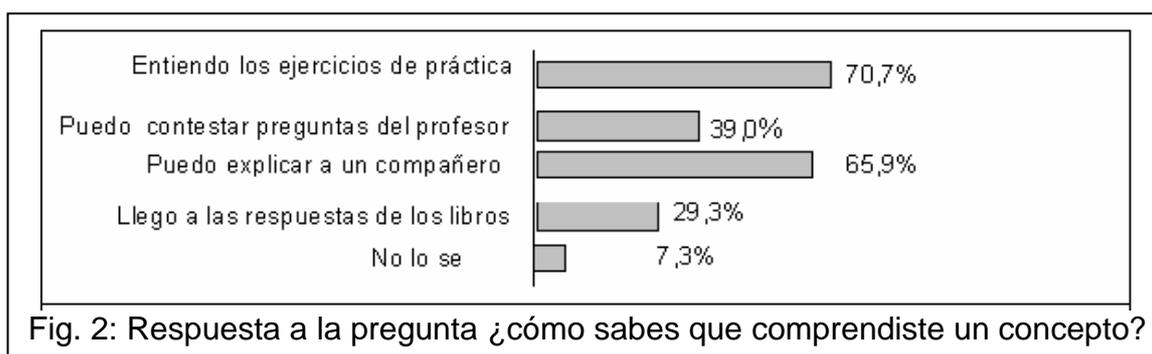


Fig. 2: Respuesta a la pregunta ¿cómo sabes que comprendiste un concepto?

Sobre esto es de remarcar que las habilidades comunicacionales (puede explicar a un par) están colocadas al mismo nivel que las típicas manipulativas (entiende los ejercicios de prácticas). Sin embargo ante la pregunta “¿con quién estudiás álgebra?”, solo un 29,6% responde que con pares, y de éstos, la mayoría prefiere estudiar con los estudiantes que “saben más”.

Resultados de la experiencia desde la perspectiva de la comprensión

Dado que interesó comparar la comprensión antes y después de la experiencia, y como la comprensión es un constructo difícil de medir, con este marco fue posible observando los niveles de desempeños antes y después de la incorporación de los sistemas algebraicos de cómputos.

La EpC destaca cuatro dimensiones para la comprensión: contenidos, métodos, propósitos y formas de comunicación.

La dimensión de los contenidos valora el nivel hasta el cual los alumnos han trascendido las perspectivas intuitivas, el grado hasta el cual pueden moverse con flexibilidad entre ejemplos y generalizaciones en una red conceptual coherente y rica.

La dimensión de los métodos evalúa la capacidad de los estudiantes de mantener un sano escepticismo acerca de lo que se conoce o lo que se les dice, así como el uso de métodos confiables para construir y validar afirmaciones y trabajos verdaderos.

La dimensión de los propósitos aprecia la capacidad de los aprendices para reconocer los propósitos e intereses que orientan la construcción del conocimiento, su capacidad para usar este conocimiento en múltiples situaciones y las consecuencias de hacerlo. La dimensión de los formas de comunicación juzga el uso de sistemas de símbolos para expresar lo que se sabe (escribir ensayos, realizar una presentación o explicar un algoritmo).

Para describir la comprensión se evalúan los niveles alcanzados en cada una de las dimensiones. Estos niveles se pueden observar a través de los desempeños alcanzados. Los desempeños de comprensión ingenua son poco reflexivos y no estructurados. Los de principiante están predominantemente basados en procedimientos ritualizados y mecanismos de prueba. Los de aprendiz están asentados en conocimientos y modos de pensar disciplinarios y demuestran un uso flexible de conceptos. Los maestría son predominantemente integradores, creativos y críticos.

La valoración de la experiencia se realizó contrastando la comprensión inicial (antes de usar SAC) y la final (luego de usarlos) de los 41 alumnos. La comprensión inicial se valorizó en la 9^o semana, a través de un ejercicio de un parcial. Es importante aclarar aquí que no creemos que la comprensión, en todas sus dimensiones, pueda quedar reflejada en una única evaluación. Sin embargo es éste el método al cual más se recurre en la universidad para valorizar la comprensión.

Para valorizar el nivel de comprensión inicial se describieron los parámetros que la reflejan. Así por ejemplo para la dimensión de los propósitos éstos fueron: reconoce el porqué ajustar datos (el uso para extrapolar); si argumenta la función elegida (gráfico, tabla, etc.); si discute la factibilidad de las proyecciones obtenidas.

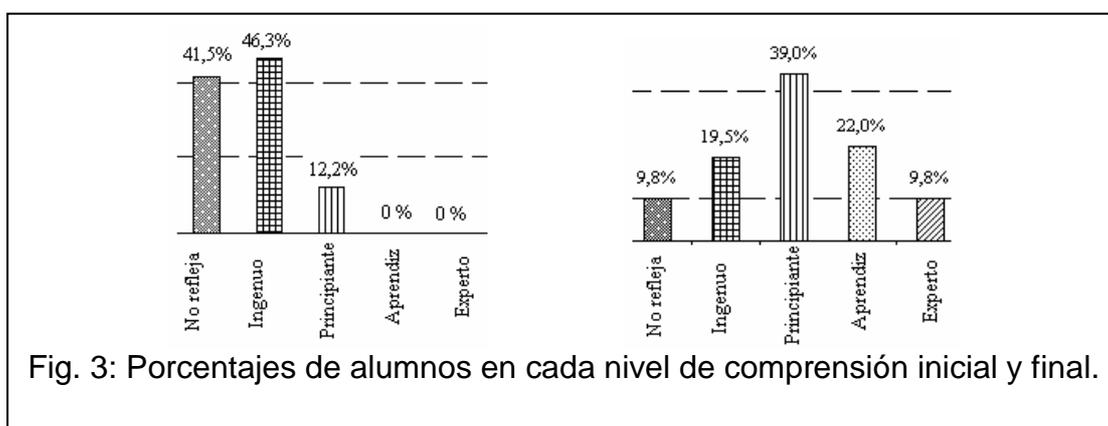
Los resultados obtenidos se esquematizan en el gráfico 3. Notar que más del 85% de los estudiantes no superan el nivel de comprensión ingenua, esto significa que no han superado los conocimientos intuitivos, poco reflexivos y nada estructurados. Solo el 12 % alcanzó un nivel de principiante, nivel basado en procedimientos ritualizados y mecánicos, alumnos que necesitan de validación externa, incapaces de usar algún mecanismo de control. Ninguno alcanzó los dos niveles de comprensión más elevado.

La comprensión final, a diferencia de la inicial; tuvo distintas oportunidades para ser valorada, andamiada y superada; pilar fundamental de la EpC. Los momentos los clasificamos en:

- Tutorías: clases de laboratorio; un espacio donde los alumnos pudieran construir su proyecto. El docente brindó las ayudas oportunas para mejorar los desempeños.
- Proyecto: producción de cada estudiante en la tercera entrega del proyecto (que es donde se utilizan los tópicos de los cuales se desea observar la comprensión).

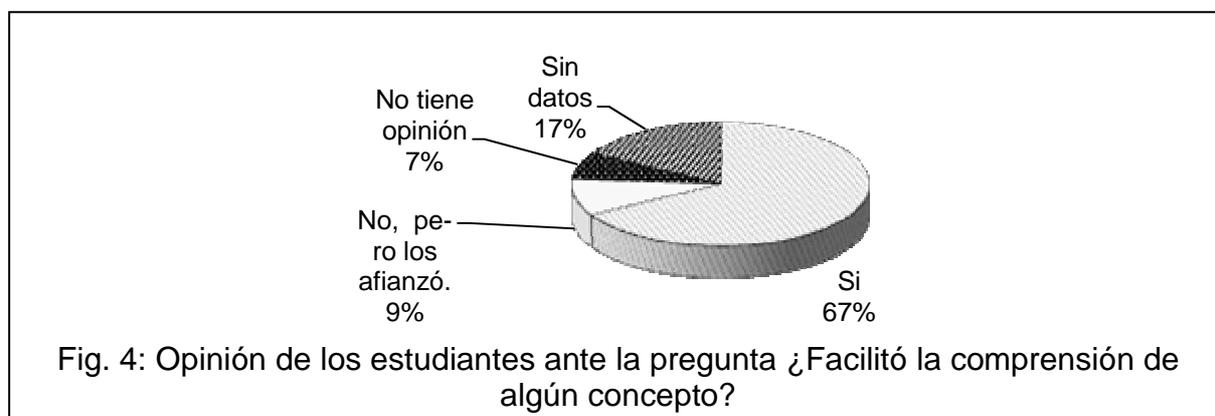
- Evaluación Integradora: donde los jóvenes debieron explicar, justificar, extrapolar, vincular, ejemplificar y aplicaron los contenidos.
- Entrevista Final, la que tuvo por propósito indagar, según la visión del estudiante, la influencia del desarrollo del proyecto en la comprensión de los contenidos de la asignatura, y su opinión sobre la experiencia educativa.

El instrumento de evaluación para la comprensión final fue pues más refinado que para la inicial. Se construyó para valorizar cada una de las dimensiones de la comprensión a través de los rasgos de cada una. Para retratar y relevar los desempeños se definieron criterios o pautas, las que se plantearon bajo la forma de respuestas a 21 preguntas que refieren a los rasgos o cualidades de cada dimensión de la comprensión. Los resultados se resumen en la figura 3.



Como puede apreciarse a través del contraste de la comprensión antes y después la campana de distribución de la comprensión evolucionó notablemente. Los resultados al finalizar la experiencia muestran una distribución normal en torno del nivel de comprensión de principiante. Esta situación refuerza la idea de que la experiencia ha logrado mejorar los niveles de comprensión de un tema intrínsecamente complejo hasta llevarlo a niveles estándar.

La mayoría de los jóvenes participantes en esta experiencia la valorizaron el proyecto como favorecedor de la comprensión, como lo muestra la figura 4.



Resultados de la experiencia desde la perspectiva de las habilidades sociales

Se dijo, que más allá del rendimiento académico del alumno (la dimensión quizás más valorada en el proceso de enseñanza y aprendizaje), en este trabajo interesa relacionar las habilidades sociales, desempeños de comprensión y motivación alcanzados por jóvenes a través del desarrollo de un proyecto integrador. La entrevista final fue semi-estructurada y su protocolo contenía 11 preguntas. Las respuestas a tres de ellas permiten indagar algunas habilidades sociales exteriorizadas por los jóvenes. Una de las preguntas fue: “¿Ayudaste a algún compañero? ¿Algún compañero te ayudó?”. En el caso que el estudiante no lo expresara espontáneamente se repreguntó a fines de indagar si las ayudas dadas o recibidas eran claras y precisas. Es de destacar que si bien el proyecto era individual, los jóvenes coordinaban horarios para asistir al laboratorio de la facultad a los efectos de trabajar “juntos”. Estos grupos los conformaban libremente, seguramente por afinidad en estilos de estudios y vivencias comunes. Normalmente se reunían antes de la clase pautadas para que el docente brindara su tutoría.

Lo primero a destacar, se pudieron encontrar “sociedades de aprendizajes”, alumnos que mencionaban a tres o cuatro compañeros a los que ayudaban y éstos a su vez ofrecieron ayuda clara, dejando en evidencia que el aprendizaje no es un producto individual. Otra situación a resaltar, es que dos alumnos de rendimiento académico medio (Gustavo y Facundo) fueron los más mencionados por el grupo completo de jóvenes.

También en las observaciones durante el desarrollo del proyecto se notó que estos jóvenes interactuaban activamente tanto dentro de su grupo de estudio, como con otros. Estos jóvenes mostraron en todo momento actitud positiva hacia el desarrollo de su proyecto, contagiando siempre estas actitudes a sus compañeros. Por el contrario, dos jóvenes de las de más alto rendimiento académico (Virginia S y Gisela R) fueron poco solitarias. Una solo ayudo a su hermana (¡y la ayuda consistió en realizarle una parte del proyecto, porque le resultó mas rápido hacerla que explicarla!). Ante la repregunta sobre porqué no ayudó a otros compañeros mostró sus actitudes poco fraternas contestando con la pregunta “¿porqué?, ¿había que hacerlo?” La otra reconoce que ayudar a sus compañeros le era muy “complicado” porque, debido a su trabajo, sus tiempos eran reducidos. A manera quizás de “acallar su conciencia” aclara haber brindado alguna información a Gustavo y a Facundo, los que siempre compartían sus avances con los demás compañeros.

Esto permite concluir que no es necesario ser un experto en un contenido para ayudar a sus pares en el aprendizaje de éste. Y por el contrario, tener la capacidad de manipularlos no es garantía que se comparta tal información con sus pares. Pero si es una enseñanza para los docentes que cuando formamos grupos de tareas intentamos hacerlo incluyendo alumnos de alto rendimiento académico en los grupos, cuando tal vez deberíamos incluir alumnos con alta motivación o actitudes solidarias y capacidades comunicativas.

Otra observación a destacar es que cada sociedad de aprendizaje (espontáneamente formada) tenía un “vocero”, sin que el docente lo pidiera (en general era un estudiante de cada grupo el que hacia al docente una pregunta cuya respuesta era requerida por todos los integrantes). Esto refuerza la idea que los

jóvenes tienen a ubicarse en la posición para la cual tienen mayor capacidad (en este caso la comunicacional). Por otro lado, las personas a las que les hace falta desarrollar esas habilidades tienden a eludir la tarea. Esto nos deja a docentes otro parámetro para trabajar cuando deseamos formar los grupos de tareas: asignar roles distintos en momentos distintos.

Resultados de la experiencia desde la perspectiva de la motivación: un análisis de casos

La conclusión más importante que se podrá observar a través del siguiente análisis de casos es que la motivación no fue una garantía de desarrollo de desempeños de comprensión ni viceversa.

Virginia S y Juan Manuel son dos de los cuatro alumnos categorizados con un nivel de comprensión final de Expertos. Su motivación totalmente distinta. Virginia invirtió muchas horas en el desarrollo del proyecto solo para perfeccionarlo (aclara en la entrevista refiriendo a las horas dedicadas al proyecto "... 20 horas, pero porque como vio, ¡yo quise!). Juan Manuel muy pocas. Ante la pregunta ¿Te gustó realizar el proyecto? Juan Manuel se encoje de hombros y contesta "No me disgustó". Preguntado sobre las horas dedicadas responde "Menos de 10...Lo hacía cuando no tenía nada que hacer.

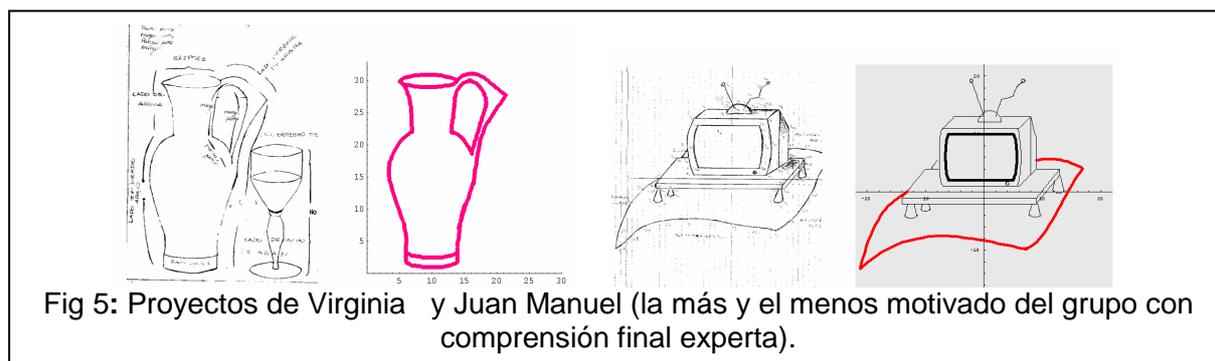


Fig 5: Proyectos de Virginia y Juan Manuel (la más y el menos motivado del grupo con comprensión final experta).

De los nueve estudiantes que desplegaron desempeños finales de aprendices, tres jóvenes se mostraron fascinadas con la tarea (siempre dispuestas a invertir más tiempo en mejorar su proyecto) y una con actitudes algo negativas (frecuentemente preguntaba "¿con esto ya está?, ¿zafo?". Los seis restantes se mostraron gustosos con la tarea, pero invirtieron en ella las horas estrictamente necesarias.

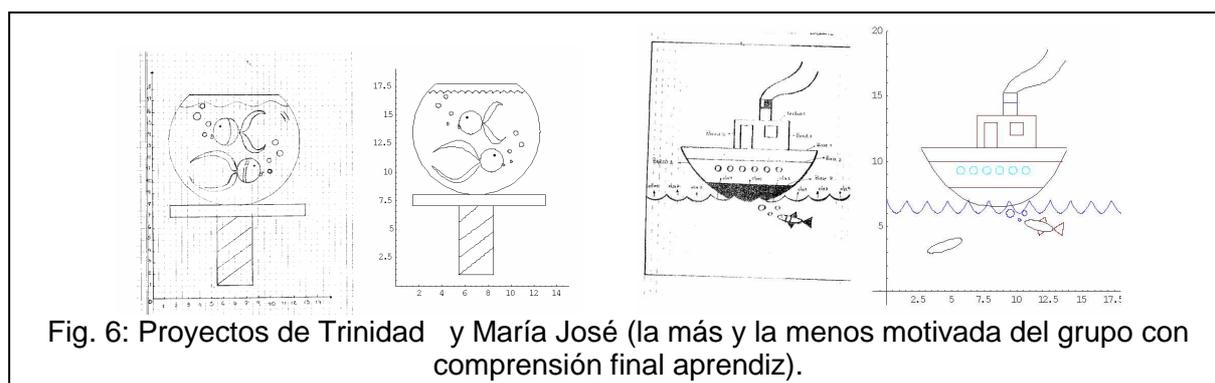
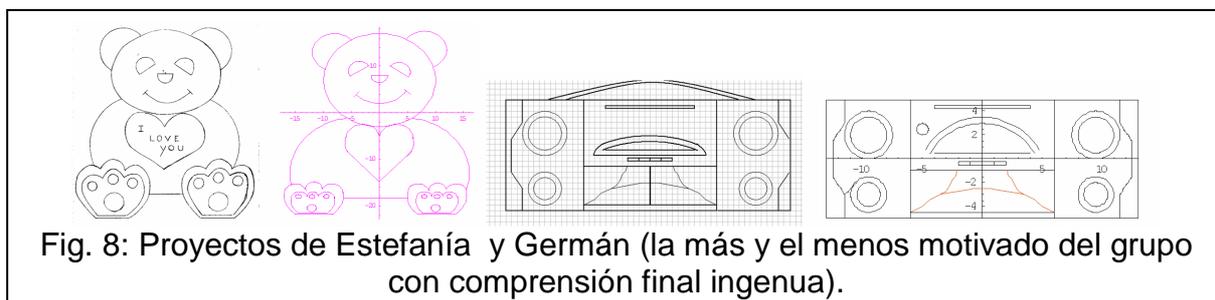
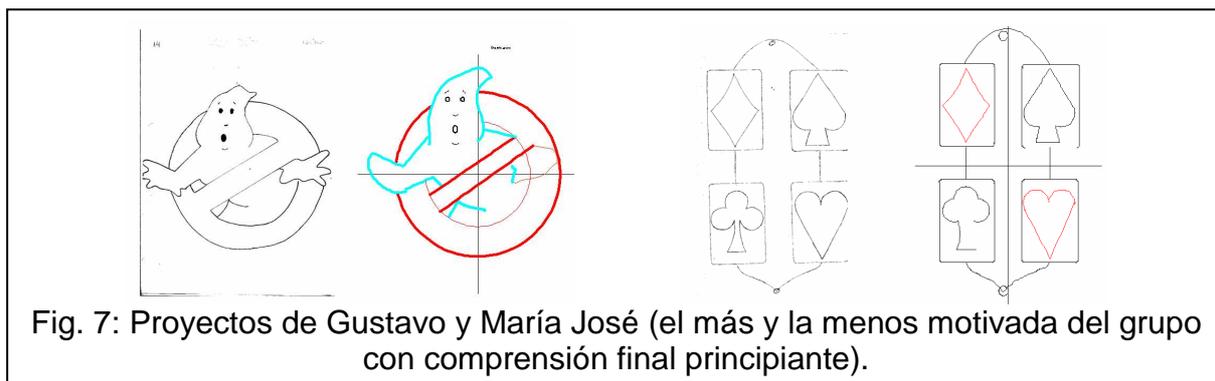


Fig. 6: Proyectos de Trinidad y María José (la más y la menos motivada del grupo con comprensión final aprendiz).

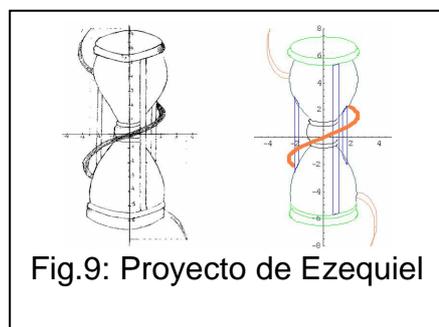
Fueron 16 los alumnos con comprensión final de principiante. Pertenecen a este grupo los dos jóvenes de los más estimulados y solidarios (Gustavo y Facundo) y paradójicamente los más reticentes (cinco jóvenes, entre ellos María José, consideran que el proyecto sólo se constituye en una carga extra en el cursado).

Es de destacar que los 8 estudiantes del grupo con comprensión final ingenua han tenido una motivación cambiante a través del desarrollo del proyecto. Mientras que a Estefanía la experiencia le fascinó a Ignacio le resultó indiferente y a Germán le generó actitudes muy negativas (*"Fue una frustración. Pero digamos que me sirvió para saber lo que falta aprender"*).



Finalmente, un caso interesante para analizar es el de Ezequiel, tal vez porque resume buena parte de los beneficios obtenidos. Ezequiel es un joven educado y extremadamente tímido. El típico alumno "invisible" de una clase. No parece interesado en la clase, no hace aportes ni pregunta, aunque tampoco mostraba actitudes negativas o molestas. En el desarrollo del proyecto fue todo "un caso especial". Asistió a las clases especiales, y si bien trabajaba en su proyecto, dos veces dijo *"lo perdí, porque la computadora se colgó"*. Faltando pocos días para la fecha final de entrega consiguió un permiso especial para trabajar con un compañero con el argumento *"El está de acuerdo, es más, usted le dijo que el dibujo era difícil cuando se lo aceptó"*. En la entrevista como beneficios del proyecto mencionó *"Varios, saber encontrar las ecuaciones, usar la compu productivamente, aprender a usar el soft, hacerme amigo de los chicos, trabajar en grupo"*. Analizando luego la situación pensamos que Ezequiel buscó "perder" su trabajo (tal vez de forma inconsciente) como recurso para insertarse en el grupo, a pesar de su timidez. Cuando se le preguntó por si ayudó a compañeros su respuesta fue *"Si, a Facu, pero para mejorar la presentación. Busqué en la ayuda algunas funciones"*

dejando evidenciar que también el proyecto posibilitó gestionar información (que está en inglés).



Consideraciones finales

Contrastando los niveles de comprensión antes y después del uso de los SAC es posible desprender que el propósito inicial de mejorar los desempeños de comprensión en dos tópicos de mucha utilidad para el futuro profesional fue alcanzado en la mayoría de los estudiantes. Por otro lado, si bien el uso de sistemas algebraicos de cómputos es una exigencia curricular, en esta experiencia fue revalorizado, no sólo como herramienta para resolver complejos y tediosos cálculos sino como favorecedor de la comprensión y motivador del aprendizaje.

El punto quizás más fuerte de la experiencia es el clima de comunidad educativa que se generó en las clases. La posición de “docente y evaluadora” inicial fue virando a través del desarrollo del proyecto a “facilitadora de conocimientos” y “colaboradora en la tarea”.

El proyecto de Enseñanza para la Comprensión definió a la “comprensión” como la capacidad de pensar y desempeñarse flexiblemente con los conocimientos que cada uno dispone para, por ejemplo, resolver un problema, presentar ideas de manera clara y convincente, aplicar conceptos para explicar algo, etc. El proyecto denominó a estas actividades “desempeños de comprensión” y comprobó que eran medios efectivos de desarrollar y al mismo tiempo demostrar la comprensión. Si pretendemos que los alumnos piensen por sí mismo o lleguen a ser capaces de aplicar lo que saben apropiada y creativamente, el proceso de aprendizaje debe implicarlos, precisamente, en este tipo de pensamiento activo.

Los docentes efectivos diseñan desempeños en los cuales sus alumnos pueden usar lo que Gardner (1994) llama las “inteligencias múltiples”, vale decir las diferentes formas de expresión que pueden incluir actividades verbales, matemáticas, visuales, musicales, de movimiento, introspectivas e interpersonales.

Adherimos a las ideas de Stone Wiske (1999) y consideramos que esta experiencia avala su teoría en cuanto a que las nuevas tecnologías pueden perfeccionar y enriquecer los desempeños de comprensión de diversas maneras, ya que permite que el estudiante investigue nuevas ideas y produzca conocimientos utilizando una variedad de inteligencias.

La motivación en esta experiencia fue importante para propiciar un clima de trabajo ameno y la cooperación entre pares, pero no un antecedente ni en un consecuente de la comprensión.

Bibliografía

Gardner, H. (1994): *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. Fondo de la Cultura. México.

Stone Wiske, M. (1999): *La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Paidós. Buenos Aires.

Sonia Pastorelli. Ingeniera en Construcciones y Master en Didáctica, Profesora de Matemática en la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, con más de 25 años de antigüedad en la docencia, ha codirigido varios proyectos de investigación en educación Matemática y es autora de varios libros y numerosas publicaciones en revistas de educación matemática. sonia_pastorelli@yahoo.com.ar.

Lilian Cadoche. Lic en Matemática y Master en Didáctica, Profesora de Matemática en la Universidad Nacional del Litoral, Argentina, con más de 25 años de antigüedad en la docencia, ha dirigido varios proyectos de investigación en educación y educación Matemática y es autora de varios libros y numerosas publicaciones en revistas de educación. lcadoche@fcv.unl.edu.ar

