“El personaje principal es excéntrico y paranoico y es normal con todos esos números yo también me pondría loco, por eso la película se titula “PI: FE EN EL CAOS”.”

Luis y Vicente, alumnos 4ºESO
Curso 2001-2002 IES Ramón Muntaner

Hace dos años me planteé trabajar con mis alumnos de 4º ESO los números irracionales a través de la película “Pi: fe en el caos”, del director Darren Aranofsky.

Siendo como soy de natural pesimista, y con unos diez años de experiencia en el mundo de los BUP, las ESO y las reformas varias, lo que esperaba era un rechazo abierto y una negación rotunda a llevar a cabo el trabajo. Pero no fue así.

La película

“Pi: fe en el caos” nos muestra el proceso de descubrimiento por un matemático, Max Cohen, de un patrón numérico que predeciría la evolución de cualquier fenómeno caótico. Este patrón guarda relación con el número π y sus cifras decimales.

En el desarrollo de la película aparecen elementos relacionados con las matemáticas y en algunos casos con un sentido metafórico.

La esencia de los números irracionales y en concreto el número π, están presentes durante toda la película. π representa el camino hacia el conocimiento global. En mística esto sería conocer a Dios. En ciencia poder predecir resultados de fenómenos caóticos, que es lo más parecido a la omnisciencia divina.

El protagonista, Max Cohen, trabaja con un ordenador, EUCLIDES, para que genere una serie numérica que permita predecir los resultados de la bolsa. Este ordenador se estropea en el momento en que estaba a punto de conseguirlo.

Aparecen entonces en escena dos sectores de la sociedad con interés en poseer en exclusiva esta serie numérica. Por un lado los poderes religiosos, representados por los miembros de una secta judía, que ven en este conocimiento el medio para alcanzar a Dios. Y por otro lado los poderes económicos, representados por un grupo de financieros de Wall Street que necesitan el número para asegurar sus ganancias. En cierta manera, la posesión del número representa obtener el poder absoluto, tanto a nivel espiritual como material.

Max repara su ordenador y consigue volver a implementar el programa. Pero el ordenador vuelve a estropearse. Sin embargo, antes de quedar inutilizado, se imprimen los números que proporcionan a Max las pautas que rigen el universo.

Al final, Max acaba destruyendo o ignorando este conocimiento. Interpreto que supone una pesada carga para el hombre, limitado y finito, y que sólo puede ser feliz a través de la ignorancia.

La ficha técnica y una sinopsis de la película están perfectamente redactados por *Alfonso J. Población Sáez*
en su página web:

http://gauss.mat.eup.uva.es/~alfonso/pi.html .

Una precaución

Resulta curioso que esta serie numérica que parece ser, para otros individuos, la clave para alcanzar una especie de felicidad, la que otorga el poder, no proporcione más que sufrimiento al protagonista. Paranoias, brotes esquizoides, migrañas... En general un desasosiego que no parece reportarle ni paz, ni felicidad, ni placer alguno.

¿Es esto lo que produce la investigación científica? ¿Son estas las consecuencias del aprendizaje? No resulta muy alentador para nuestros alumnos. Evidentemente no es esta la

lección a aprender.

Para sacarle partido a esta película se ha de discutir sobre la diferencia entre ciencia y pseudociencia. O más bien hablar sobre el que debe ser el objetivo de la ciencia, y por ende de las matemáticas y cual es la mejor manera de conseguirlo.

La locura de Max no se debe a la posesión de un conocimiento prohibido o inaguantable para la pobre conciencia humana. Ni es un castigo divino por querer conocer más allá de nuestras posibilidades. La locura de Max proviene de su aislamiento, del carácter obsesivo de sus investigaciones y muy probablemente de una predisposición al desequilibrio mental (su deslumbramiento por el sol marca toda su trayectoria futura)

La idea de la revelación de Dios a través de los números no es nueva. Fijémonos en la Torah. Se dice que contiene encriptados mensajes de Dios. Es un ejemplo dentro del ámbito religioso que no por ello deja de ser parte de la numerología. Es necesario desenmascarar este engaño.

En ciencia ficción, tenemos un ejemplo en el final de la novela Contacto de Carl Sagan, donde la protagonista por fin recibe el mensaje de Dios en las cifras de p, una regularidad de ceros y unos dibujando una circunferencia.

En filosofía, donde las matemáticas son el lenguaje de Dios que da forma a la naturaleza, o que son en sí mismas el mismo Dios. Desde Pitágoras a Sir James Jeans que dice: “...el Gran Arquitecto del Universo empieza ahora a perfilarse como un matemático puro.”

Existe un foro en Internet, el de la página Epsilones http://www.epsilones.com/ ,

donde se debaten estas cuestiones y se generan discusiones muy interesantes.

Por todo lo dicho, me parece que lo más adecuado es utilizar la película con alumnos de 4º ESO. Y aun así no les va a gustar en absoluto. ¿Por qué entonces elegí esta película para

trabajar los números irracionales? Por dos motivos.

El primero porque hay muy pocas ocasiones para utilizar cine en la clase de matemáticas. Las referencias matemáticas son siempre puntuales y vinculadas a biografías de científicos famosos. (Ej: Una mente prodigiosa) O bien son documentales hechos a propósito para la enseñanza de conceptos concretos (Ej: Más por menos). Por eso, encontrar una película, cuyo argumento sea en sí mismo matemático, es todo un lujo que no hay que desaprovechar. Sólo conozco tres: “Cube”, “Pi: fe en el caos” y “Moebius”, y esta última todavía no la he visto.

El segundo porque si no fuera por los profesores muchos de nuestros alumnos no tendrían ocasión de conocer “otras cosas” Parece que para motivar al alumno haya que ceñirse a sus gustos. Pienso que esta actuación lo único que genera es aburrimiento. Por mi experiencia, lo más motivador en las clases de matemáticas es el descubrimiento y el sentirse capaces para llevarlo a cabo. Esta película es lo suficientemente extraña para ellos como para hacer que se fijen en cuestiones a las que por sí mismos nunca se habrían acercado.

El trabajo

Lo que yo hice fue aprovecharla durante la 2ª evaluación, como trabajo de aplicación y refuerzo de los números irracionales. Dejando de lado la dificultad para trabajar algebraicamente con los radicales, un error común es definir un número irracional como un “número decimal infinito” Así que para comenzar les planteé la primera cuestión sobre la película diciendo:

Cuando la vecina de Max le pregunta el resultado de una división, éste responde repitiendo las últimas dos cifras decimales mientras baja la escalera. ¿Por qué?

El resultado de la división también da un número con infinitas cifras decimales. Pero no es un número irracional. La clave está en el patrón que se repite. Repasando los números decimales periódicos se puede ver la diferencia con los números irracionales.

La primera y elemental referencia a p la encontramos en unas fórmulas conocidas:

En el tren, Max escribe en el periódico las siguientes fórmulas $A=\pi r^2$ $C=2\pi r$ ¿A qué se refieren? ¿Por qué las escribe?

Estas fórmulas son las que proporcionan el área y la longitud de la circunferencia. En ellas aparece el número π. En ese momento Max está pensando en su amigo Sol, que dedicó años de su vida a buscar en él un orden, un sentido. Cuando dibuja un círculo con su radio, está pensando en la perfección y el orden que evoca. Si π está relacionado con él, el aparente desorden e imperfección de sus infinitas cifras decimales no debe ser tal. Max identifica la infinitud de las cifras decimales de los números irracionales como un defecto. No acepta, al igual que los pitagóricos, que este tipo de números existan y puedan formar parte de estructuras consideradas impolutas, perfectas.

¿Qué cálculo hace Max, mejor dicho, su mega-calculadora Euclides, para encontrar esta serie numérica?

Probablemente trate de comparar una gran cantidad de resultados de la Bolsa para encontrar alguna regularidad. Quizás trate de encontrar qué variaciones mínimas determinan los resultados caóticos.

Max piensa:

12:45. Reformulo mis suposiciones:

1.-Las matemáticas son el lenguaje de la naturaleza.

2.-Todo puede representarse y entenderse con números.

3.-Al graficar cualquier sistema surgen patrones.

Por lo tanto, hay patrones en toda la naturaleza.

La pregunta que surge es:

Según lo que has visto en la película, ¿qué entiendes por modelos matemáticos?

Se trata de que el alumno razone sobre el papel que juegan la repetición de patrones en el establecimiento de modelos matemáticos y la relación con el concepto de un universo causal.

La aparición de un ordenador, extrañamente monstruoso hoy en día, también proporciona un punto de partida para la reflexión.

¿Para qué necesita Max un ordenador? ¿Qué es exactamente lo que hace con él?

¿Quién es Euclides en la película? ¿Quién fue en realidad?

El objetivo inicial de Max era poder predecir los resultados de la bolsa. Se podría decir que éste es un fenómeno caótico. Quiere decir que pequeñas variaciones, muy pequeñas, en sus valores iniciales, van a dar resultados radicalmente distintos. Los valores del mercado de la bolsa no se pueden predecir mediante ecuaciones diferenciales. No sirve la física determinista. ¿Qué puede hacer Max? Estudiar al detalle los resultados pasados y encontrar aquellos parámetros comunes en resultados similares. Éste es el patrón que anda buscando. Las ecuaciones que los ligan son un misterio en la película, aunque tal vez estén relacionadas con las espirales y su relación con el número áureo. Lo que sí es seguro es que va a tener que trabajar con gran cantidad de datos, hacer multitud de comparaciones y desarrollar ecuaciones muy complejas. Ésta es la tarea de un ordenador. Sorprende que no aparezcan los fractales explícitamente, si bien, la imagen de las espirales del humo de un cigarrillo o la de la leche en la taza de café, pueden ser un guiño en este sentido.

Euclides es el nombre del ordenador de Max. No sé el porqué ha escogido a este matemático

para bautizarlo. Me aventuraría a decir que quizás es por el orden y la sistemática a la hora de recoger los conocimientos matemáticos en Los Elementos, tal y como funciona un ordenador con la información que procesa.

Es una buena ocasión para reflexionar sobre su obra, ya que sobre su vida se sabe poco, y de paso conocer también a Pitágoras y Arquímedes, que también aparecen en la película. Hay un libro muy salado, aunque quizás para niños más pequeños, donde hablan sobre ellos de una forma muy amena. Se titula “Esas mortíferas mates” de Kjartan Pokitt, de la colección *Esa horrible ciencia*
, editorial Molino.

Durante una conversación con Sol, Max busca un número de 216 cifras. Sol le dice que si se obsesiona lo verá por todas partes, que si pierde el rigor científico se convertirá en un numerólogo. El tema de la numerología puede tratarse comprobando sobre uno mismo que no tiene ningún fundamento.

¿Qué diferencia hay entre un numerólogo y un matemático?

El amigo de Max, Sol, le dice que si se obsesiona podrá encontrar el 216 en cualquier lado. ¿Cómo lo encontrarías en tu nombre?

Un numerólogo estudia la significación oculta de los números y practica la adivinación asignando un número a cada letra del alfabeto y un significado a cada número. Así puede interpretar cualquier texto, palabra o expresión, según el código utilizado.

Todos los alumnos encontraron el 216 en su nombre. ¿Por qué el 216? Lenny, el amigo judío de Max, dice que es el número que dará el patrón que deben encontrar en la Torah. Todo esto es bastante sospechoso, teniendo en cuenta que $216=6\cdot6\cdot6$, ¡el número de la bestia! Quien lo iba a decir, resulta que todos mis alumnos contienen en su nombre el número de la bestia. Ironías aparte, cualquier número lo podemos encontrar en cualquier sitio. La interpretación mágica que le demos a uno u otro depende de nuestras supersticiones y prejuicios, no de una deducción racional. Otra coincidencia curiosa, el 216 también está relacionado con el número áureo, $\text{sen}666 = \cos216 = \Phi/2$, y forman los dos un triplete pitagórico junto al 630.

Ya que ha aparecido el número áureo, veamos los siguientes diálogos de la película

- LA TORAH ES UNA LARGA CADENA DE NÚMEROS. SE DICE QUE ES UN CÓDIGO QUE DIOS NOS ENVIÓ.
- ¡QUÉ INTERESANTE!
- SÍ. ES COSA DE NIÑOS. MIRA ESTO... KADEM SIGNIFICA "JARDÍN DEL EDÉN". TRADUCCIÓN NUMÉRICA: 144, EL VALOR DEL "ÁRBOL DEL CONOCIMIENTO", EN HEBREO AAT HA HAIM ES 233,144, 233, ESTOS...
- SON LOS NÚMEROS DE FIBONACCI.
- ¿QUÉ DIJISTE?
- LA SECUENCIA FIBONACCI.
- ¿FIBONACCI?
- FIBONACCI ERA UN MATEMÁTICO ITALIANO DEL SIGLO 13. SI DIVIDES 144 EN 233 EL RESULTADO SE APROXIMA A THETA.
- ¿THETA?
- SÍ, THETA. EL SÍMBOLO GRIEGO DE LA PROPORCIÓN ÁUREA. (MAX DIBUJA LA ESPIRAL ÁUREA) LA ESPIRAL DORADA.
- GUAUUU... NUNCA HABÍA VISTO ESO. ES COMO LAS SERIES QUE ENCUENTRAS EN LA NATURALEZA. COMO LA CARA DE UN GIRASOL. DONDEQUIERA QUE HAYA ESPIRALES. LAS MATEMÁTICAS ESTÁN EN TODOS LADOS.

Y más tarde, mientras monta de nuevo su ordenador, Max piensa

- 4:42. NUEVA EVIDENCIA. RECORDAR A PITÁGORAS. MATEMÁTICO; LÍDER DE CULTO. ATENAS, 500 a.C. TEORÍA PRINCIPAL: EL UNIVERSO ESTÁ HECHO DE NÚMEROS. CONTRIBUCIÓN PERSONAL: LA PROPORCIÓN ÁUREA. MEJOR REPRESENTADA COMO EL RECTÁNGULO ÁUREO. VISUALMENTE, EXISTE UN EQUILIBRIO ENTRE LA FORMA, EL LARGO Y EL ANCHO. AL ENCUADRARLO DEJA UN RECTÁNGULO ÁUREO MÁS PEQUEÑO CON LAS MISMAS PROPORCIONES. SE PUEDEN SEGUIR HACIENDO CUADRADOS, CADA VEZ MÁS PEQUEÑOS HASTA EL INFINITO.

- 11:18. MÁS EVIDENCIA. RECORDAR A DA VINCI. ARTISTA, INVENTOR, ESCULTOR, NATURALISTA. ITALIA, SIGLO XV. REDESCUBRIÓ LA PERFECCIÓN DEL RECTÁNGULO ÁUREO Y LO DIBUJÓ EN SUS OBRAS MAESTRAS. CONECTANDO LOS CONCÉNTRICOS RECTÁNGULOS CON UNA CURVA, SE GENERA LA MÍTICA ESPIRAL DORADA. PITÁGORAS ENCONTRABA ESTA FORMA EN TODA LA NATURALEZA. EN LA CARACOLA, EL CUERNO DEL CARNERO, EL REMOLINO, EL TORNADO, LAS HUELLAS DIGITALES. HASTA EN LA VÍA LÁCTEA.

La pregunta que les hice a mis alumnos fue:

Con las instrucciones que da Max dibuja un rectángulo áureo y una espiral áurea. Explica el porqué lo son.

Únicamente con estas indicaciones no van a poder dibujar la espiral áurea. Así que conviene darles las instrucciones para que dibujen el primer rectángulo. Lo pueden hacer con reglas y compás. Trazando un cuadrado y tomando una diagonal al punto medio de un lado, obtienen un rectángulo áureo si proyectan esta diagonal sobre ese lado.

Después pueden comprobar que si asignan un valor x al lado del cuadrado de inicio, y utilizando el teorema de Pitágoras, obtienen el valor de Φ, el número áureo, al hallar la proporción entre los lados del rectángulo.

Encajando sucesivos rectángulos áureos se puede trazar la espiral áurea sin problema.

He de hacer notar que en la película hablan de theta, q, refiriéndose al número áureo, que conocemos por fi, Φ. En realidad se refiere a la inversa del número áureo, la otra solución de la ecuación $x^2-x-1=0$ y que se puede calcular restando uno a Φ. Es equivalente hablar de uno o de otro.

Una vez hecho todo este recorrido, la pregunta última es:

¿Por qué se titula la película "PI: FE EN EL CAOS"?

La respuesta puede ser tan simple como decir que en la película se plantea la hipótesis de que π
contiene en sus cifras decimales los parámetros para calcular soluciones en fenómenos caóticos.

Sin embargo, a mí me asaltan más dudas que certezas.

El número π además de ser irracional es trascendente. ¿Por qué elegirlo como solución a los fenómenos no causales? Puestos a fantasear, ¿por qué no utilizar el número de Euler, e? Este número también es trascendente y es la base de los fenómenos ondulatorios en física.

Si pensamos en como se comportan los fenómenos caóticos, vemos que su evolución se puede relacionar con las figuras fractales. Una característica de los fractales es su autosimilitud, es decir, que su forma no depende de la escala utilizada. El número áureo se halla relacionado con una figura fractal:

La estrella de cinco puntas y el pentágono regular se pueden inscribir uno dentro de otro sin que cambien sus formas. Básicamente Φ, está en las relaciones entre las diagonales que forman la estrella inscrita en el pentágono y el lado de éste.

Los fractales aportan una regularidad a los fenómenos caóticos. ¿Por qué entonces no utilizar Φ como número "mágico" en la película? ¿Quizás porque ya es la solución de una ecuación?

Lo que está claro es que la elección de π es arbitraria, y que en realidad estamos ante una obra artística muy personal y atrevida. No por ello la película deja de ser válida para repasar, debatir y aprender ciertos conceptos matemáticos.

En la página de *Alfonso J. Población Sáez* se pueden encontrar interesantes propuestas didácticas, elaboradas con motivo de la proyección de la película en el año 2000, año mundial de las Matemáticas

http://gauss.mat.eup.uva.es/Ealfonso/cine.html

La reacción

Volviendo al punto de partida, la propuesta que les hice a mis alumnos no les entusiasmó en un principio, pero ninguno mostró una oposición radical.

La parte que más difícil les resultó, fue la de dibujar la espiral áurea. Supongo que el déficit geométrico en los planes de estudio les pasaba factura. En cambio a todos les salía bien lo de encontrar en su nombre el número 216.

En general la película no gustó, pero todos se quedaron extrañados. Convenían en que es una película para matemáticos. Nadie se atrevió a decir para frikis, pero seguro lo pensaban.

Para terminar estas son algunas de las opiniones de los alumnos, que junto a la que abre este artículo, sirven como botón de muestra de las reacciones que provocó el pase de la película en clase.

La búsqueda que Max lleva para la obtención del número que pueda representar todo el universo es la misma que llevaron los matemáticos de la antigüedad para la búsqueda de PI. La película nos hace reflexionar sobre los números irracionales y lo que ellos significan.

Andrés 4º ESOC

En realidad, los Pitagóricos no quisieron ver que podían existir números de este tipo. Así que

más que buscar a PI, hacían como Max, no aceptar sunaturaleza irracional..

La película trata un tema interesante aunque de una manera aburrida y extraña. Realmente no hemos llegado a entenderla del todo.

Jorge 4º ESOC

Yo tampoco, les contesté.

El argumento está bien, pero parece imposible creer que pueda existir tal número, porque de ser así cambiaría totalmente el mundo, y además es imposible que todo se rija por un número.

Alejandro 4º ESOC

¿Sentido común o prejuicio?

La película es interesante pero un poco liosa al principio. Es interesante porque es increíble encontrar todo lo que se dice en la película. En resumen, la película es un poco aburrida porque creo que esta clase de películas les interesa más a la gente que les gusten las matemáticas.

David 4º ESOD

Interesante pero aburrida.

Esta película, con total sinceridad, es extraña y complicada. Su teoría central, en la que el mundo está constituido por una cadena de números, resulta surrealista e incluso incomprensible.

Alexis y Laura 4º ESOD

*Con total sinceridad, un rollo patatero apasionante.*La película es mala pero habla de muchos aspectos matemáticos.

Sergio y Jaime 4ºESOC

No me atrevería a decir que es mala. Pero confieso que la primera vez que la v, lo pensé

Esta película nos demuestra, el esfuerzo y la dedicación que cuesta lo que quieres conseguir. Nosotros pensamos que la película nos ha motivado a conseguir nuestros objetivos, sin llegar a obsesionarte si los resultados de éstos no eran los que tú esperabas.

Ismael, Ana María y Alba 4º ESOC

No se me había ocurrido.

Una pequeña bibliografía

- http://www.pithemovie.com/
  página oficial de la película.
- http://www.pulpmovies.org/resenas/pi.html
  preguntas que todos podemos hacernos.
- http://www.allmoviescripts.com/scripts/3960413003f4eb4363d0a8.html
  el guión original.
- http://webs.adam.es/rllorens/pifaith.htm
  el guión en castellano y comentado.

- http://gauss.mat.eup.uva.es/alfonso/cine.html
  la página de Alfonso del año 2000.
- http://www.epsilones.com/
  matemáticas y algo más.
- http://www.screenit.com/movies/1998/pi.html
  para padres preocupados.
- Ken Wilber *Cuestiones cuánticas*. *Escritos místicos de los físicos más famosos del mundo* . Ed. Kairós

- Kjartan Poskitt *Esas mortíferas mates*Col Esa horrible ciencia. Ed. Molino
- Carl Sagan. *Contacto*. Ed. Plaza & Janés

Y algunas páginas más de matemáticas y algunos libros de texto que todos conocemos.