

Libro de actividades

EXPLORA

2002

Las Formas:

Creaciones de la Naturaleza
Construcciones de la Humanidad



Programa **EXPLORA** - CONICYT

V I I I
Semana
Nacional
de la
Ciencia
Tecnología
EXPLORA
2002

Las formas

Creaciones de la Naturaleza... Construcciones de la Humanidad



Retrocedamos en el tiempo, miles de millones de años atrás: es el **origen del Universo**. Como plantea una teoría científica, ha ocurrido el **Big Bang**, la gran explosión inicial del nacimiento. Hay sólo una enorme nube de gas y polvo, donde se concentran las sustancias químicas fundamentales que luego se transformarán en planetas, lunas, estrellas, seres vivos. Y también hay algo más: hay **forma**. Las moléculas se unen unas con otras, formando estructuras que serán la base de todo lo que conocemos. Agua, carbono.

Miles de millones de años después, aquí estamos nosotros. Y nuestro mundo está lleno de formas. Este Libro, que tienes en tus manos; el lápiz con el que escribes, la silla donde te sientas, la casa donde vives, son formas creadas por el ingenio y la ciencia del ser humano. Toda la cultura de la Humanidad está íntimamente relacionada con las formas. Nuestra arquitectura, el diseño de nuestros utensilios, nuestras manifestaciones artísticas, ie incluso nuestra comunicación! No es una coincidencia que la palabra "**informar**" derive de una expresión latina que significa "**dar forma**", en este caso, a nuestras ideas y conocimientos.

¿Alguna vez te has preguntado por qué las cosas tienen la forma que tienen? ¿Por qué casi todas las sillas tienen cuatro patas? ¿Por qué las pelotas de fútbol son esféricas, y las de rugby, alargadas? ¿Por qué los granos de azúcar son cúbicos? De seguro que, si observas la naturaleza que te rodea, surgirán miles de preguntas más: sobre el espiral en las conchas de los caracoles, la redondez de los huevos, o la simetría en nuestros cuerpos (dos manos, dos piernas, dos ojos...).

De la pregunta por la forma, han surgido deslumbrantes descubrimientos científicos. Por ejemplo, la conquista del aire. Los primeros intentos del ser humano por volar, buscaban imitar la forma de las alas de los pájaros, y su forma de moverse, e intentaban comprender por qué esas formas hacían posible el vuelo. La geometría también asienta sus bases en la observación de las formas naturales, y en su clasificación. La matemática y la física han descrito sorprendentes formaciones y similitudes en la Naturaleza, y nos han ayudado a comprender el comportamiento del mundo. La biología estudia también la forma de lo vivo, y la química, la forma de los ladrillos que son base de lo vivo.

El Programa **EXPLORA** te invita este año en su **Octava Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología**, a sumergirte en el mundo de las formas, ique no es otra cosa que nuestro propio mundo! Abre tus sentidos a una nueva perspectiva de lo que nos rodea, y sorpréndete con los resultados de tu exploración. Como en todo trabajo científico, en observar está la clave. En este Libro de Actividades, te proponemos experiencias para iniciar este camino. Invita a participar a tus amigos, compañeros, padres y profesores. ¡A la conquista de las formas!

Equipo EXPLORA



Introducción	2
¿Qué forma deben tener las cosas para que funcionen? Artifugios de agua y aire	3
¿Por qué todos somos diferentes? ¡Construyamos la forma del ADN!	4 - 5
Órbitas Planetarias ¿Es Plutón el último planeta del Sistema Solar?	6 - 7
Formas, Matemática y Belleza: Fibonacci y el Número Dorado	8 - 9
Infinitas formas de luz	10
Amigos y enemigos del agua: ¡No todos los sólidos quieren mojarse!	11
Formas en el Metro	12
Material Granular: Granos, vibraciones y formas	13
Simulador de Olas Olas, corrientes y características costeras	14 - 15

Artículos de agua y aire

¿Qué forma deben tener las cosas para que funcionen?

¿Te ha llamado la atención que la Luna sea redonda como una pelota de fútbol? Esa forma, **la esférica**, es la preferida por algunos cuerpos celestes, por las pequeñas gotas de agua que forman la neblina, por las pompas de jabón. Pero no todos los objetos en la naturaleza la escogen. Las plantas, por ejemplo, se las arreglan para que en su tallo se formen conductos rectilíneos por los cuales sube la savia hasta las hojas. Nada más distinto a una esfera que un tubo capilar. Las galaxias en el cielo tienen las formas más diversas: espirales, elípticas o como plato, por ejemplo. Las estalactitas y estalagmitas indudablemente crecen más parecidas a un cono que a una esfera. Si miras a tu alrededor, la gran variedad de formas que encuentras te hará pensar que la esfera en realidad es más bien una excepción muy particular y poco frecuente en el mundo que nos rodea. Incluso es posible que lo más chico que existe, lo que queda cuando partes algo una y otra vez hasta alcanzar lo más ínfimo y ya indivisible, se parezca más a un gusano que a una esfera.

Para que pienses en el amplio mundo de las formas, te proponemos dos desafíos:

A. Con plastilina: • Una barra de plastilina • Un recipiente con agua

Si tomas una barra rectangular de plastilina y la echas a rodar no llegará muy lejos ¿verdad? Si te piden que hagas algo para que ruede bien, seguro que harás con ella una pelota. Eso es muy fácil. Más interesante es lo siguiente. Si pones la barra de plastilina en el recipiente con agua ¿qué sucede? Se hunde, ¿verdad? El desafío es construir un objeto con esa plastilina, cuya forma le permita flotar y no hundirse. ¿Qué se te ocurre?

B. Con papel: • Una hoja de papel • Reloj o cronómetro

Esta propuesta tiene que ver con el movimiento de las cosas en el aire. Si sueltas una piedra cae vertical. Si la atas a un globo lleno con helio y la piedra no es muy grande, lograrás tal vez que suba en vez de bajar. Así, puedes cambiar su comportamiento con pequeños trucos. Te proponemos tomar una hoja de papel y que la deformes de la manera que se te ocurra, buscando primero que caiga rápidamente y luego que se demore lo más posible en caer desde una misma altura. Puedes ayudarte de un reloj o cronómetro y tomar el tiempo. Puedes también hacer una competencia con tus amigos para ver quién logra el mejor resultado. Lo importante es que uses sólo la hoja: ni globos de helio ni nada parecido.

Una recomendación. Escribe lo que descubras para que no se te olvide. Es bueno tomar notas para ordenar los pensamientos y además dejar un registro que alguna vez te va a servir. Y si te sientes inspirado, ¡hasta un cuento podrías inventar en que aparezca lo que has descubierto!



Actividad propuesta por Francisco Claro, Físico



Edad: 5 años en adelante

Bibliografía:
* Claro, Francisco.
"A la sombra del asombro".
Ed. Andrés Bello, Santiago,
Cuarta Edición, 2002

Respuestas a los Desafíos. (Te sugerimos pensar e intentar varias soluciones antes de leer estas explicaciones)

La idea es que con la plastilina descubran que pueden hacer un barco que flote, y reflexionen acerca del efecto de su forma sobre la flotabilidad. Hay que orientar esto sin decirlo.
En base a esta experiencia se puede introducir el principio de Arquímedes (287 - 212 A.C.), nacido en Siracusa, Sicilia. Este sabio de la antigüedad es recordado especialmente por haber notado que sobre cualquier cuerpo sumergido aparece una fuerza ascendente que se opone a la gravedad. Su magnitud equivale al peso del líquido que desplaza el cuerpo. Dice la leyenda que Arquímedes se dio cuenta de esto mientras tomaba un baño, y al reconocer la importancia de su observación, salió a la calle desnudo gritando ¡Eureka! ¡Eureka!

(¡lo encuentre!)
Con la hoja se puede experimentar dejándola caer tal cual es, de canto u horizontal, hecha un ovillo, doblada de una u otra manera. Seguramente la forma que se mantendrá más tiempo en el aire es la de un avión, y la que caerá más rápido es la esfera. Este comportamiento desigual se debe a la existencia del aire. La hoja lisa que cae de canto lo hace casi como la esfera, con muy poca acción del aire. Si cae en posición horizontal, el aire le opone resistencia. Ahora, si es un avión que uno lanza, actúa entonces el aire que pasa alrededor de las alas, ¡produciendo una fuerza ascendente cuyo origen es muy distinto al que descubrió Arquímedes! ¿Por qué vuela un avión?, es un tema de gran interés para investigar en Internet o en una buena enciclopedia...

Ahora una reflexión. La ciencia seduce y fascina porque trata de responder lo que nos produce asombro. Observar, preguntar, tratar de explicar: ese es el trió que dinamiza la creación científica.





¿Por qué todos somos diferentes? ¡Construyamos la forma del ADN!

¿Qué vamos a hacer?

El ADN es conocido como "la molécula de la vida", ya que contiene la información genética que hace únicos a todos los organismos. Vamos a reproducir su forma, construyendo un modelo que nos ayudará a identificar sus componentes y conocer la posición de éstos en su estructura.

En cada una de las células humanas, excepto en los glóbulos rojos, hay 1.820 centímetros de ADN. Nuestro experimento representa sólo un trozo de esta cadena, formada por secuencias repetitivas. Este fragmento podría definir un segmento de un gen y con ello, determinar parte de las características de un ser vivo, como algún rasgo que compone su forma física, su inteligencia o comportamiento.

¿Qué necesitamos?

- 12 bolitas de plumavit de 1,5 ó 2 cm. de diámetro
- 25 mondadientes con punta en ambos extremos
- Plasticina blanca, café, roja y azul
- Témpera amarilla, azul, roja, verde y negra
- Pinceles

¿Cómo lo vamos a hacer?

Vamos a trabajar en grupo. Es recomendable la participación de un adulto para aclarar dudas y apoyar la realización de los siguientes pasos:

1. Pinten 12 bolitas de plumavit con témpera: 3 amarillas, 3 azules, 3 rojas y 3 verdes. Pinten 15 mondadientes con témpera negra.
2. Con la plasticina, formen 30 bolitas más pequeñas que las de plumavit: 20 blancas y 10 café. Intenten que todas queden del mismo porte.
3. Tomen las bolitas de plumavit amarillas y, sin atravesarlas, clávenle tres mondadientes negros: uno justo al medio y uno a cada lado, cuidando que queden en línea (Figura 1).
4. Claven las bolitas verdes en el otro extremo (Figura 2).
5. Tomen las bolitas de plumavit rojo y clávenles dos mondadientes negros. Traten que queden en línea y a igual distancia del centro (Figura 3).
6. Inserten las pelotitas azules en el otro extremo (Figura 4).
7. Tomen los mondadientes sin pintar y traspasen por el medio dos pelotitas de plasticina blanca y una café, la que debe siempre quedar al centro (Figura 5).
8. Unan lo que han construido. Tomen todos los segmentos amarillo-verde y rojo-azul y clávenles un mondadientes con plasticina a cada una de las bolitas de plumavit en forma perpendicular, cuidando que quede lo más centrado posible (Figura 6).
9. Ordenen y junten las construcciones sobre una superficie horizontal, alternando los colores. Sigán las instrucciones del dibujo (Figura 7).
10. Amasen barritas de plasticina azul y roja por separado. Péguenlas a las bolitas de plumavit del primer segmento extremo izquierdo, haciendo coincidir los colores.
11. Levanten cuidadosamente la construcción, dejando el extremo con plasticina hacia abajo. Manténganla afirmada mientras aprietan la plasticina contra la superficie para que sirva de base (Figura 8).
12. Sin soltar la construcción, comiencen a torcerla hacia la derecha con suavidad desde la base hacia arriba, cuidando que no se despeguen los segmentos. Hagan que mantenga un eje de equilibrio perpendicular a la superficie, acomodándola para que quede lo más derecha y vertical posible (Figura 9).

¿Qué hemos construido?

Todos los seres vivos, desde las bacterias hasta nosotros, los humanos, tenemos dentro del núcleo de cada una de nuestras células, moléculas de ADN que almacenan la información genética de cada organismo, constituyendo la base de la vida.

ADN es la sigla de su nombre completo: ácido desoxirribonucleico. En las células, éste se replica generando copias (de sí mismo) que permiten transmitir la información que contiene de generación en generación. Gracias a esto, heredamos características que nuestros padres poseen y que nos hacen parecernos a ellos.





Si reunimos todo el ADN de un organismo, tendremos su genoma, es decir, el conjunto de genes que conforman un ser vivo. Su tamaño es característico de cada especie. Por ejemplo, si pudiésemos extender el genoma de un ser humano de punta a punta, éste recorrería la distancia entre la Tierra y el Sol más de 600 veces, ida y vuelta. De esta larga cadena, compuesta por 100.000 genes, en el hombre y la mujer se han identificado entre 30.000 y 40.000 respectivamente, que son bastante menos de lo esperado para un organismo tan complejo, si se comparan con los 18.000 hallados en el gusano nemátodo y los 13.000 de la mosca de la fruta. Sin embargo, los 100.000 genes que acabamos de mencionar, sólo conforman el 10 por ciento del genoma humano, pues el otro 90 por ciento de su ADN no codifica para información. Los científicos aún no conocen la función de esta gran cantidad de material genético que, hasta el momento, sólo les dificulta encontrar la estructura que define cada gen, donde van contenidos los detalles que singularizan a cada ser viviente.

Este modelo representa la estructura descubierta por los investigadores Watson y Crick, que revela la forma de una doble hélice con tres componentes:

- azúcar de 5 carbonos (desoxirribosa)
- un fosfato
- una base nitrogenada

Estos tres elementos conforman unidades básicas llamadas nucleótidos. Imaginemos que son "ladrillos" que, unidos a otros, constituyen la molécula de ADN. Su forma está determinada por la interacción química existente entre las bases nitrogenadas, que son cuatro y pertenecen a dos grupos:

- Pirimidinas: Citosina (C) y Timina (T). Tienen 2 anillos en su estructura.
- Purinas: Adenina (A) y Guanina (G). Poseen un solo anillo.

En nuestro modelo, las hemos representado con bolitas de plumavit. Las de color amarillo simbolizan la Citosina, las azules la Timina, las rojas la Adenina y las verdes la Guanina.

Las combinaciones de colores que hemos hecho, se deben a que una base nitrogenada purina siempre se une a una pirimidina. Este apareamiento está condicionado químicamente para que A (rojo) sólo se pueda unir con T (azul), y G (verde) únicamente con C (amarillo). Estas bases van hacia el interior de la doble hélice, conformando la "secuencia" que define la información genética del ADN. El orden en que aparecen A, T, C, y G es decisivo para la célula, ya que en esta distribución están contenidas las instrucciones del programa hereditario de cada organismo en particular.

A se une a T por dos enlaces llamados "puentes de Hidrógeno" y G se une a C por tres de estas uniones, que hemos representado en los mondadientes pintados de negro.

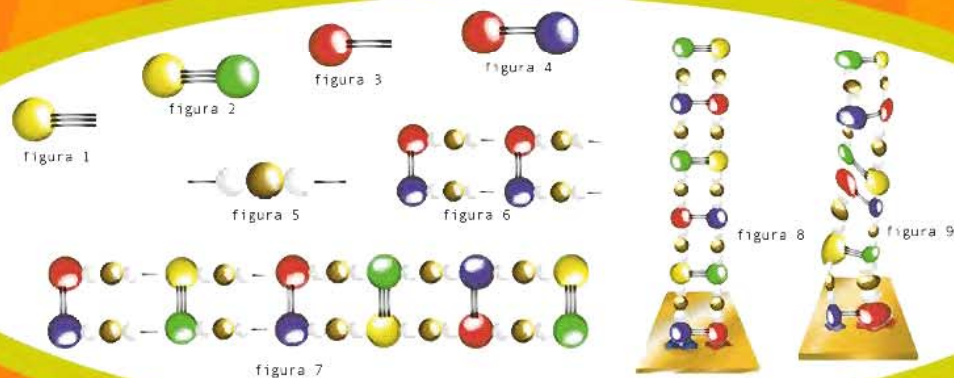
En tanto, el armazón de la doble hélice está constituido por la unión entre el azúcar, que hemos encarnado en las bolitas de plasticina blanca, y el fosfato, representado en las de color café. Estos enlaces constituyen la energía mínima que permite mantener la interacción entre dos moléculas.

¿Les gustó la actividad? Si quieren saber más, investiguen sobre:

- Genoma • Genes • Cromosomas y su relación con el ADN
- Alteraciones genéticas o cromosómicas que dan origen a enfermedades como el Síndrome de Down



Actividad propuesta por Jenny Blamey,
Bioquímica



13

Edad: 13 años en adelante

Bibliografía: * Estructura del ADN - <http://www.arrakis.es/~lluengo/adn.html>

* Traducción del trabajo original de Watson y Crick - <http://www.bioxeo.com/ADN.htm>

5



¿Es Plutón el último planeta del Sistema Solar?

Siglo IV antes de Cristo: el filósofo griego Platón establece que los cuerpos celestes giran en órbitas circulares en torno a la Tierra, basándose en que la circunferencia es considerada la figura plana más perfecta, simétrica y armónica. Por casi dos mil años, los astrónomos construyeron elaborados modelos matemáticos para describir las posiciones de los planetas, el Sol y la Luna en el cielo, utilizando círculos. Por ejemplo, el astrónomo egipcio Ptolomeo debió recurrir a dos círculos para explicar el movimiento de cada planeta.

1543: rompiendo con la dos veces milenaria idea de la Tierra al centro del Sistema Solar, el astrónomo polaco Nicolás Copérnico situó al Sol como gran rector del sistema planetario. Pese a lo audaz del salto dado por el canónigo polaco, al relegar a la Tierra al tercer lugar entre los planetas que orbitan el Sol, el axioma de Platón acerca de los movimientos circulares y uniformes le pareció una verdad natural y lo preservó en su nuevo modelo heliocéntrico. Todos los planetas orbitan el Sol, según Copérnico, siguiendo órbitas circulares.

1609: el gran astrónomo alemán Johannes Kepler publicó un importante tratado astronómico, en el cual da a conocer las dos primeras leyes del movimiento planetario. Después de casi una década de laborioso trabajo interpretando las observaciones del astrónomo danés Tycho Brahe, Kepler finalmente abandonó las órbitas circulares y aceptó la idea de que la órbita de Marte alrededor del Sol es una elipse, con el Sol en uno de los focos. Posteriormente, Kepler generalizó la idea a todos los cuerpos celestes, y describió mediante una elipse el movimiento de los planetas en torno al Sol, y el de la Luna en torno a la Tierra.

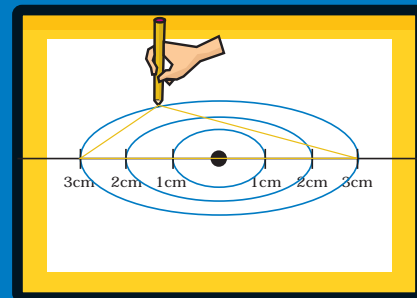
1687: Isaac Newton publicó su notable tratado acerca de la mecánica que expone la ley de gravitación universal. Con la formulación teórica de Newton fue posible demostrar matemáticamente que la órbita de un cuerpo celeste en torno al Sol puede adoptar cuatro formas: una elipse, una parábola, una rama de hipérbola o un círculo, como un caso especial de una elipse de excentricidad nula. Estas cuatro figuras se llaman en general secciones cónicas, pues son el resultado de cortar un cono con un plano. Las únicas órbitas periódicas son las elípticas y las circulares; las órbitas parabólicas e hiperbólicas tienen un período infinito. Los nueve planetas orbitan el Sol en trayectorias elípticas.

Para entender mejor todo lo explicado anteriormente, pondremos manos a la ciencia y construiremos una elipse. Después vamos a aplicar este conocimiento para dibujar y entender los movimientos de Neptuno y Plutón.

Construcción de una elipse

Materiales

- Hoja de papel tamaño carta
- Trozo de cartón tamaño carta
- Regla
- Lápiz
- Cuerda, hilo, cáñamo o cualquier trozo de cordel delgado
- 2 chinchas o tachuelas



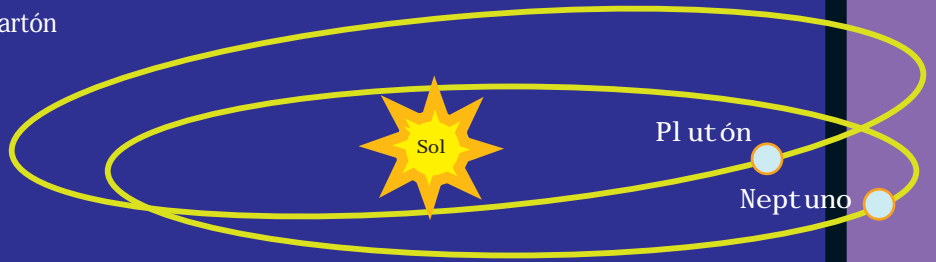
¿Cómo lo hacemos?

1. Pon la hoja de papel sobre el cartón
2. Con una regla dibuja una línea en la hoja, que la divida a lo ancho en dos partes iguales.
3. Marca el centro de la línea y puntos a 1, 2 y 3 centímetros de distancia del centro en ambas direcciones, izquierda y derecha.
4. Toma un trozo de cuerda de 25 centímetros de longitud y anuda las puntas formando un lazo. Coloca dos chinchas uno a un centímetro hacia un lado del centro y el otro a un centímetro en la dirección opuesta.
5. Pasa el cordel por los chinchas y con un lápiz tensa la cuerda y dibuja una curva cerrada manteniendo siempre la cuerda tensa en los dos chinchas. ¡Acabas de dibujar una elipse!
6. Repite el proceso, esta vez colocando los chinchas a dos y luego a tres centímetros del centro. Ahora tienes tres elipses, de distintas excentricidades. Mientras más separados los chinchas, más excéntrica (más "achatada") será la elipse.
7. Por último, pon un solo chinche en el medio, enlaza la cuerda y dibuja. ¡Resulta una circunferencia!
8. La recta que dibujaste sobre el papel indicará la posición del eje mayor de la elipse. El eje menor se sitúa sobre la perpendicular al eje mayor.
9. La posición de los focos de la elipse es la posición que tenían los chinchas al dibujarla.

¿Cómo Neptuno se convierte en el último planeta del Sistema Solar?

Materiales

- Un trozo de plumavit o cartón
- 6 chinchas
- cordel
- lápiz
- tijeras
- regla
- papel



¿Cómo lo hacemos?

1. Corta un pedazo de cordel de 30 cm de largo.
2. Ata los extremos de la cuerda formando un lazo de unos 13 cm de largo.
3. Asegura una hoja de papel a la plancha de plumavit con 4 chinchas.
4. Dibuja una línea de 10 cm de largo y clava un chinche en cada uno de los extremos de la línea.
5. Coloca el lazo de cordel alrededor de los chinchas.
6. Ubica el lápiz de modo que su punta quede en el interior del lazo.
7. Mantén la cuerda tirante mientras guías el lápiz alrededor del interior del cordel para dibujar un óvalo o elipse en el papel.
8. Ahora corta un trozo de cuerda de 20 cm de largo y amarra los extremos formando un lazo.
9. Mueve los chinchas un poco hacia abajo y acorta la distancia entre ellos. Haz un nuevo dibujo desde esta posición con el lazo de 20 cm, verás que se produce una elipse pequeña dentro de la más grande, con uno de los extremos de la pequeña sobreponiéndose a la mayor.

Resultado: Dos órbitas elípticas sobrepuestas

¿Cómo explicamos este fenómeno?

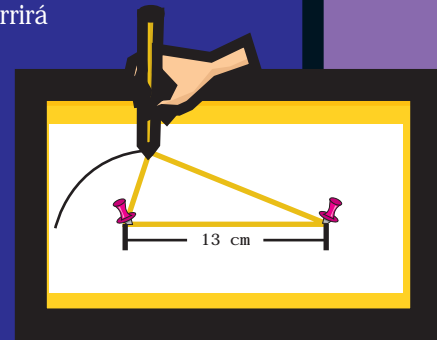
Las órbitas de todos los planetas tienen forma elíptica. La órbita de Plutón se sobrepone a la órbita de Neptuno. Plutón demora 248 años en dar una vuelta alrededor del Sol. Durante el viaje, Plutón se mueve dentro de la órbita de Neptuno, haciendo de éste el planeta más extremo del Sistema Solar.

La órbita de Neptuno es muy circular en cambio la órbita de Plutón es muy excéntrica. En 1989 Plutón estuvo a la distancia mínima del Sol (perihelio). Entre 1979 y 1998 Plutón estuvo más cerca del Sol que lo que estaba Neptuno, por lo tanto durante casi dos décadas el planeta más externo del sistema solar fue Neptuno.

El período de Plutón es de 248 años, por lo cual la situación descrita ocurrirá nuevamente en el año 2237 (próximo perihelio).

	Neptuno	Plutón
Semi-eje mayor	30.066 UA	39.537 UA
Distancia perihélica	29.765	29.649
Distancia afélica	30.367	49.425
Excentricidad	0.010	0.250
Período	164,86 años	248,6 años

1 UA = 1 Unidad Astronómica de distancia = 149.600.000 km.



Actividad propuesta por José Maza, Astrónomo



Edad: 10 años en adelante
Bibliografía: * Maza, José. "Astronomía Contemporánea". Editorial Universitaria, 1988 - * VanCleave, Janice. "Astronomy for Every Kid: 101 Easy Experiments that Really Work". John Wiley & Sons, Inc., 1991 * Vistas del Sistema Solar - <http://www.solarviews.com/span/>



Formas, Matemática y Belleza:

Fibonacci y el Número Dorado

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ... ¿Qué número sigue?

Para responder, veamos cómo se llegó a obtener esta sucesión. En 1202, el matemático italiano Leonardo Pisano, llamado Fibonacci, investigó el siguiente problema:

"Un hombre pone un par de conejos, un macho y una hembra, en un lugar rodeado por murallas. Los conejos pueden aparearse a partir del primer mes de vida, y las hembras dan a luz luego de un mes de gestación. Supongamos que ningún conejo muere en un año, y que las hembras siempre dan a luz una pareja de conejos, un macho y una hembra, cada mes a partir de su segundo mes de vida. Entonces, ¿cuántos pares de conejos habrá en un año?"

Con todos estos datos, Fibonacci formuló una respuesta "mes a mes": a principios de cada mes del año, habría el siguiente número de parejas de conejos: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 y, el último mes del año, 144 parejas. Si te fijas bien, ¡cada número de la secuencia es el resultado de la suma de los dos anteriores! Este resultado dio origen a una sucesión numérica llamada Sucesión de Fibonacci, una de las maravillas de la matemática, presente en los más insólitos fenómenos de la naturaleza y en la creación humana. Te proponemos algunas actividades para que la conozcas.

Dibujando el Nautilus

Materiales: papel - lápiz - regla - compás

1. En el centro de la hoja, dibuja un cuadrado de 1 cm por lado. Pegado a él, dibuja otro cuadrado de 1 cm por lado. Arriba de ellos, dibuja un nuevo cuadrado de 2 cm por lado, y al lado, un cuadrado de 3 cm por lado, y así sigue dibujando cuadrados siempre uniendo los anteriores. Guíate por la figura 1.

2. Con el compás, en los cuadrados del centro, pon una punta en la esquina de arriba y dibuja un cuarto de circunferencia sobre cada cuadrado. Continúa de la misma forma sobre cada cuadrado formando así un espiral.

3. Compara la figura 2 con esta imagen que muestra un corte en la concha de un Nautilus. Asombroso, ¿no? La espiral que dibujaste se llama "Espiral Equiangular" o "Espiral Logarítmica". Esta espiral aumenta su tamaño en cada cuarto de vuelta, en aproximadamente 1.618034 veces el tamaño anterior. Esta cifra, que llamaremos ϕ , es el número asociado a la secuencia de Fibonacci por muchas razones. Veamos una de ellas:

Cálculos Sorprendentes

1. Toma el segundo número de la secuencia y divídelo por el anterior. Repite esto con los otros números. Es decir: $1/1=1$, $2/1=2$, $3/2=1.5$, $5/3=1.6666$, $8/5=1.6$, etcétera. ¿Te fijas que cada vez nos acercamos más a un número? ¿Qué número es?

2. Y las sorpresas siguen: toma una calculadora y calcula $1/\phi$. ¿Increíble, no?

Este número se conoce como "Número Áureo", "La Proporción de Oro" o "La Divina Proporción". Lo podemos encontrar muy seguido en la naturaleza. Los artistas del Renacimiento lo asociaron a la belleza. ¿Quieres conocer un ejemplo?

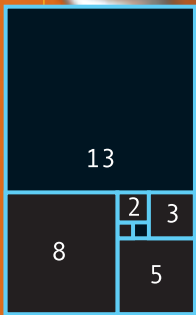


Figura 1

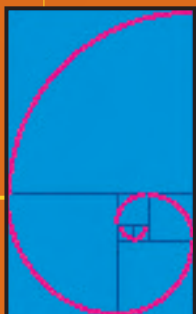


Figura 2



La Divina Proporción de Leonardo

Esta obra se llama "La Anunciación", y su creador es Leonardo da Vinci. Leonardo no sólo es uno de los grandes pintores de la historia de la humanidad, sino que además fue un destacadísimo hombre de ciencia: ingeniero, biólogo, anatomista. Es el mejor ejemplo del "hombre integral" del Renacimiento. En su búsqueda de la belleza a través de la creación artística, Leonardo aplicó principios matemáticos como el que vamos a explorar ahora.



Materiales

- Una copia de "La Anunciación" (puedes usar una fotocopia, o la misma reproducción que aparece aquí).
- Una regla
- Lápiz y papel
- Una calculadora

Instrucciones

1. Mide el ancho del cuadro. Con una calculadora divide este valor por ϕ . Mide de izquierda a derecha y dibuja una línea vertical a esta distancia. Repite lo mismo, esta vez midiendo de derecha a izquierda.
2. Ahora mide el alto del cuadro y nuevamente divide este valor por ϕ . Ahora, midiendo de arriba a abajo traza una línea horizontal a esta distancia y repítelo midiendo de abajo hacia arriba.

¿Te fijas cómo tus líneas coinciden con los objetos del cuadro? El número ϕ nos permite relacionar arte y matemática en la belleza de las creaciones del ser humano. Por último, te invitamos a jugar matemáticamente y descubrir otras asombrosas propiedades de este número.

Las Coincidencias del Ladrillo

Materiales

- Papel y lápiz
- Una regla

Instrucciones

1. Imagina y dibuja un ladrillo (un paralelepípedo) cuyos lados miden: $1, \phi$ y $1/\phi$. (Si la unidad que escoges es un centímetro, las medidas de tu ladrillo deben ser $1, 1.618034\dots$, y $0.618034\dots$). También puedes construirlo: necesitarás además cartulina, tijeras y cinta adhesiva.
2. Verifica las siguientes propiedades:
 - La arista más larga es la suma de los otras dos aristas.
 - El área de la cara más grande es la suma de las áreas de las otras dos caras.
 - La superficie del ladrillo es 4.
 - La diagonal interior del ladrillo es 2.
 - Si envolvemos el ladrillo en una esfera, el área de esta esfera es 4π (compáralo con el área del ladrillo).

Estas tres actividades nos dan un indicio de las múltiples disciplinas donde podemos encontrar el número dorado y, a través de él, la sucesión de Fibonacci. Estas cifras no sólo influyen, como vimos, en la forma de una pintura o de una concha de caracol: también están en la forma en que se disponen semillas y pétalos en una flor, en el crecimiento de las ramas de un árbol, y en la espiral en que se organizan los brotes de una coliflor o las hojas de una alcachofa. Observando más de cerca y con atención, podrás descubrir la sucesión de Fibonacci en las formas del mundo a tu alrededor.



Actividad propuesta por Eduardo Moreno,
Ingeniero Civil Matemático



Edad: 10 años en adelante
Bibliografía: * Sucesión de Fibonacci

<http://www.explora.cl/otros/metro/fibonacci.html>





Infinitas formas de luz

¿Qué vamos a hacer?

Vamos a formar un **fractal de luz**. ¿Sabes qué son los fractales? Son poderosas estructuras geométricas compuestas a menor escala por partes similares a su todo. Observa un árbol. Verás que su figura completa parece repetirse en cada una de sus ramas y que éstas, a su vez, son integradas por partes más pequeñas que también se asemejan al árbol entero. Y así sucesivamente hasta llegar a las hojas. Si tomamos una porción cualquiera de un fractal, encontraremos una réplica aproximada de la forma principal. A esta estructura se le denomina autosimilar. Por eso, los fractales son muy útiles para ayudar a los científicos a describir y modelar procesos y fenómenos que parecen impredecibles, pero que tienen un orden escondido como la cristalización, las tormentas eléctricas, el sistema circulatorio o el mismo árbol de nuestro ejemplo. Además, estas estructuras poseen una singular belleza.

¡Verás qué hermoso resultará ser nuestro fractal de luz!

¿Qué necesitamos?

- 4 esferas con cubierta metálica de cualquier color (como las de árbol navideño)
- 1 hoja de block de dibujo o trozo de cartulina
- Cinta adhesiva o pegamento
- 1 linterna con pilas

¿Cómo lo vamos a hacer?

Elige una habitación que puedas oscurecer. Asegúrate que las esferas a utilizar reflejen bien la luz y sigue estos pasos:

1. Toma 3 esferas y pega su parte inferior a la cartulina, formando un triángulo.
2. Pon la cuarta esfera encima del agujero que se forma entre las otras tres.

Si es necesario, sujétala con cinta adhesiva o pegamento.

3. Oscurece la habitación y apunta la linterna encendida al espacio que queda entre las 4 esferas. ¿Qué forma geométrica aparece reflejada en ellas?

¿Cómo explicamos lo que sucedió?

La luz proveniente de la linterna forma un fractal a través de múltiples reflexiones entre las esferas. Este efecto no sólo puede verse en la oscuridad, sino también en lugares iluminados. En este último caso, entre las pelotitas, se refleja un número infinito de sus propias imágenes. ¿Te has mirado alguna vez entre dos espejos? ¡Es como si hubiese una fila de personas iguales a ti, repitiéndose hasta el infinito! Este fenómeno es muy similar, aunque diferente... pues, en la experiencia que acabamos de realizar, el fractal se forma por la curvatura de las esferas.



Benoît Mandelbrot (Varsovia, 1924) revolucionó al mundo científico en 1975 con el término FRACTAL. Su gran curiosidad por descubrir las complicadas formas de la naturaleza, que no podían ser descritas mediante las figuras geométricas de Euclides, como cuadrados o círculos, lo impulsó a estudiar y combinar diversas ciencias como la filosofía y la matemática, hasta develar un orden escondido en los fenómenos que parecían tan complejos. El propio Mandelbrot ha dicho: "He concebido una nueva geometría de la naturaleza: la geometría fractal".



No todos los sólidos
quieren mojarse



Amigos y Enemigos del Agua

¿Qué vamos a hacer?

Vamos a observar el comportamiento y la forma que adopta el agua al entrar en contacto con diferentes materiales sólidos, cuyas propiedades determinan que puedan ser mojados o no.

¿Qué necesitamos?

- Talco
- Detergente en polvo
- Vasos con agua
- Placas de vidrio
- Papel de parafina para sellar (parafilm)
- Un gotario
- Una pantalla o papel blanco
- Una fuente de luz o linterna

¿Cómo lo vamos a hacer?

- A) 1. Coloca talco en un vaso, adiciona agua y agita.
2. En otro vaso con agua, disuelve detergente.
3. Agrega la solución acuosa de detergente al vaso con talco y agua. Agita y observa los cambios.
- B) 1. Coloca una gota de agua sobre una placa de vidrio, utilizando el gotario.
2. Pon una gota de agua sobre otra placa de vidrio cubierta con parafilm.
3. Ilumina ambas placas con una lámpara o linterna y míralas proyectadas en una pantalla o papel blanco.
4. Observa y compara los ángulos que forman las gotas sobre ambas superficies sólidas.

¿Cómo explicamos lo que sucedió?

Una de las tantas maneras de clasificar los materiales es mediante su comportamiento al relacionarse con agua. Si una sustancia tiene afinidad con el elemento vital, se le denomina hidrofílica (*ama el agua*) y si no la tiene, es hidrofóbica (*la odia*).

Una gota de líquido, por ejemplo mercurio o agua, al caer libremente, asume la forma del área superficial más pequeña que puede adoptar: una esfera. Esto se debe a que las moléculas del líquido tienden a agruparse cohesionadamente para adquirir un estado "más pasivo", de menor energía y por lo tanto, de mayor estabilidad. Así también podemos descubrir que las gotas de agua sobre superficies sólidas hidrofóbicas tienden a tomar apariencia esférica para contactarse el mínimo posible con esa sustancia que la rechaza. De este modo, el agua no "moja" materiales como el talco o el teflón, que se utiliza como antiadherente en ollas y sartenes. Sin embargo, estos fenómenos pueden variar si aumentamos el área de contacto mediante el detergente, que es una sustancia anfipática, es decir, que tiene doble comportamiento (anfó significa dual), pues posee una fase polar que la hace compatible con el agua y otra apolar, que la une con sustancias hidrofóbicas. Esta cualidad del detergente permite que el líquido se esparza sobre el sólido y así logre mojarlo, conformando una suspensión de talco en agua, que es el resultado de la parte A de nuestro experimento.

De la prueba B, podemos inferir que la placa de vidrio es afín al agua, ya que es factible observar que su área de contacto es notablemente mayor. En cambio, si cubrimos la superficie con parafilm ocurre lo contrario: el contacto se reduce, pues este material repele el agua. Esto lo comprobamos al comparar visualmente los ángulos de contacto entre las gotas y las superficies en las cuales están depositadas. Además, esta medición puede ser tomada con una regla para obtener un valor en cada caso, que demuestra el grado en que un líquido consigue mojar un sólido.

Así hemos conocido a los "amigos" y "enemigos" del agua, que podemos encontrar en múltiples situaciones de nuestra vida cotidiana. Dedicate a observar y analizar su comportamiento general y verás lo entretenido y apasionante que esto puede llegar a ser.



Actividad propuesta por
Ligia Gargallo, Química



Edad: 12 años en adelante.

Bibliografía: *Hill, John; Kolb, Doris. "Química para el nuevo milenio", Cap. 13 "El agua". Pentice Hall. Pearson. Octava Edición, 1999 - *Fesquet, Alberto. Colección "El mundo físico y la vida", Tomo V "El agua". Ed. Kapelus. Buenos Aires, 1976

11

Formas en el Metro:

EXPLORA - CONICYT y METRO de Santiago invitan a observar el mundo desde las FORMAS



Formas:

Creaciones de la Naturaleza...
Construcciones de la Humanidad

Durante siglos, los estilos arquitectónicos se basaron en leyes de armonía y proporciones. El arquitecto catalán Antonio Gaudí (1852-1926) experimentó un innovador estilo a partir de las formas y principios naturales presentes en plantas, insectos, moluscos, piedras y elementos fibrosos como huesos, tendones y músculos. Es una geometría de líneas rectas en el espacio que forman superficies de doble curvatura. ¿Ventajas del método? Además de la inusual belleza, su garantía para toda la vida: resistencia, estabilidad, continuidad formal y estructural, características que ya han sido probadas por la naturaleza. Infinitas combinaciones y nuevas posibilidades para la creación humana.

Christian Matzner, Arquitecto

¿De qué forma captamos el mundo?

Luz, aromas, sonidos, movimiento... Cada estímulo externo tiene características físicas diferentes. ¿Cómo logramos percibirlos? En parte, gracias a la forma de nuestras células receptoras especializadas que cuentan con una fisiología y una forma únicas, que les permiten recibir la señal sensorial y "traducirla" en una señal eléctrica.

Los fotorreceptores o receptores de luz poseen una región cilíndrica con membranas apiladas una sobre otra, que contienen el pigmento visual que absorbe la luz. Las células olfatorias tienen cilios que capturan las moléculas de olor. Y las células del oído tienen en un extremo microvellosidades que vibran en sincronía con la onda sonora.

¡Son las diferentes formas de nuestras ventanas al mundo!

Juan Bacigalupo, Neurobiólogo





Material granular:

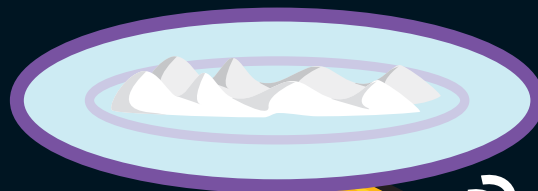
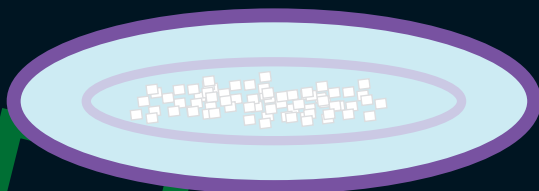
Granos, vibraciones y formas

Materiales

- Un plato de plástico de aproximadamente 20 cm de diámetro
- Sal fina y seca
- Una varilla gruesa de madera (puede ser el mango de una cuchara de palo)

Instrucciones

1. Extiende la sal sobre el plato. Cuida que esté muy seca; si está un poco humedecida, no servirá.
2. Pon la sal sobre el plato.
3. Sujeta el plato con una mano y con la otra toma la varilla y golpea bajo el plato rítmicamente.



¡Cordilleras de sal!

¿Habías oído hablar alguna vez de “material granular”? Suena complejo, ¿no?
¿Y qué dirías si supieras que, probablemente hoy en la mañana, tuviste un muy cercano contacto con un material granular?

Bajo la expresión “material granular” se agrupan todos los materiales compuestos exclusivamente de granos o partículas independientes, no importa si ellos son minerales o vegetales, grandes o pequeños, livianos o pesados: lo importante es que se trate de granos semejantes y perfectamente identificables como elementos constitutivos del material. Si todavía parece complejo, no tienes más que mirar a tu alrededor para encontrar ejemplos. ¿Tomaste azúcar con tu desayuno? ¡Pues ya conoces un material granular! Otros ejemplos son la sal, el arroz, el café y la arena.

Los materiales granulares tienen comportamientos muy singulares y algunos de ellos todavía no han sido completamente explicados por la ciencia. En este experimento observamos la convección por golpes de un material granular. Al golpear bajo un plato que contiene sal, generamos desplazamientos que “levantan” la sal que está encima, dejando un espacio libre que es llenado por el aire. El aire, en su movimiento, arrastra los polvos, incrementa la pendiente y agrupa los granos en cadenas de “montes”, que se van delineando de acuerdo a los golpes.

Cuando la sal vuelve a caer, el aire se escapa hacia arriba, los montes no se desarmen debido a que una pila de polvo tiene un ángulo típico de reposo. ¿A que se deberá este ángulo? ¡El proceso es muy rápido! Mientras más seco el golpe, más rápido se formarán ondulaciones.

Prueba a usar una mezcla de dos materiales granulares de diferentes colores y tamaños. En este caso, además de la convección, podrás observar la segregación, o separación de granos según su tamaño y forma.



Actividad propuesta por
Francisco Melo, Físico



Edad: 8 años en adelante
Bibliografía: * Material Granular
<http://www.explora.cl>



Simulador de Olas

Olas, Corrientes y Características Costeras

¿Qué vamos a hacer?

Construir un estanque simulador de olas. Con él se podrán observar algunas de las características costeras, cómo interactúan las olas con la inclinación de la plataforma costera y la topografía del fondo marino. Se estudiará la manera en que las olas forman corrientes cerca de la costa y cómo olas y corrientes transportan arena a lo largo del borde costero.

¿Qué necesitamos?

- Arcilla, rocas, madera y topes de goma (para simular las características costeras)
- Lápiz de cera
- Arena (limpia y de diferentes tamaños)
- Talco
- Bloque de madera (15 cm de largo x 3 cm de ancho x 7 cm de alto) para usarlo como generador de olas
- Tanque de olas o marco de madera (1 metro de largo x 1 metro de ancho x 10 cm de profundidad) con una hoja de plástico para el revestimiento interior. También se puede utilizar una bandeja plástica rectangular más pequeña, que tenga mínimo 10 cm de alto.
- 2 listones pequeños de madera (7 cm de largo x 1 cm de ancho aproximadamente.)

¿Cómo lo vamos a hacer?

1. Construir una playa de arena en uno de los extremos del estanque de olas. Simulación A, Playa.
2. Usando el lápiz de cera, hacer dos marcas de 10 cm a los lados del tanque de olas. Ver Simulación A, Playa.
3. Llenar el tanque con agua, a una profundidad de 3 cm.
4. Sostener el bloque de madera (generador de olas) en el agua, de tal forma que casi toque el fondo del tanque de olas y esté paralelo con la marca que está más lejos de la orilla. Mover el bloque hacia la orilla hasta que quede paralelo con la segunda marca. Sacar el bloque fuera del agua. Todo este movimiento debería hacerse en un segundo. Repetir el movimiento hasta producir olas uniformes.
5. Una vez lograda la producción de olas uniformes, preparar las otras simulaciones como se ilustra en los diagramas. Cada simulación debería durar al menos 5 minutos. Durante este período se deben observar las olas y el movimiento de las partículas de arena.
6. Para cada simulación, marcar en los diagramas las crestas de las olas a medida que se acercan a la costa. También indicar con la letra "e" donde sucede la erosión y con la letra "s" donde ocurre la sedimentación. Usar flechas para indicar la dirección del movimiento de la arena.
7. Simulación B, Isla. Disponer la arena con un promontorio en el centro y ubicar una "isla" (piedra o tope de goma) un poco más lejos de la punta. Generar olas y observar. Describir el movimiento de la arena en el área detrás de la "isla". ¿Qué característica topográfica podría formarse entre la piedra y el promontorio?
8. Simulación C, Ensenada. Moldear 2 cúmulos de arena a un costado del tanque y dejar un espacio entre ambos formando la Ensenada. Producir olas unos minutos y luego poner un poco de talco en la orilla cambiando el ángulo de las olas. Si la corriente costera continuara por largo tiempo, ¿Qué sucedería eventualmente en la ensenada?
9. Simulación D, Muelle. Construir un "muelle" con los 2 pequeños trozos de madera en la entrada de la "ensenada". Provocar olas y observar el comportamiento de la arena, ¿Qué pasa si se acorta el muelle?, ¿Qué efecto tuvo el muelle en la sedimentación de la arena?



¿Cómo explicamos lo que sucedió?

Muchas de las olas que ven a lo largo de la costa son el resultado del viento soplando sobre mar abierto. Este oleaje en mar abierto son llamadas olas de agua profunda. Al acercarse las olas a la orilla y a las aguas costeras, éstas comienzan a tocar fondo y son llamadas olas de aguas bajas, esto es, cuando la profundidad del agua es menos de la mitad de la medida de la ola. Estas olas bajas son más lentas y al interactuar entre ellas, forman el oleaje.

La forma de la costa está dominada por dos agentes importantes, uno es el control tectónico, como un gran terremoto o una gran erupción volcánica que puede cambiar sustancialmente la costa, y el otro son las características climáticas de cada zona, viento, lluvia y otros. También es importante consignar la acción humana como un factor en el cambio de las zonas costeras. Los efectos de las corrientes costeras sobre la morfología de la costa corresponden al transporte de material, el que puede modificar a largo plazo la forma de la costa.

Algunos conceptos para saber más

Playa: Ribera de mar o de un río grande, formada de arenales en superficie casi plana y con ligera pendiente.

Ensenada: Entrada de mar en la tierra formando un seno. Sinónimo de bahía o caleta.

Seno: Parte del mar que se recoge entre dos puntos o cabos de tierra.

Muelle: Obra construida en la orilla del mar o de un río navegable para facilitar el embarque y desembarque de cosas y personas.

Isla: Porción de tierra rodeada de agua.

El proceso de desintegración física y química de los materiales sólidos de la superficie de la Tierra bajo la acción de los agentes atmosféricos se denomina meteorización. Existen dos tipos: la mecánica o física, y la química. Mediante la acción física se desintegran los pedazos de roca en detritos cada vez más pequeños; mientras que por la acción química se descomponen los complejos minerales que forman las rocas.

La sedimentación es el proceso a través del cual detritos de diferentes tamaños se van depositando y acumulando, hasta que finalmente, dependiendo del ambiente tectónico, pueden constituirse en rocas sedimentarias.

La erosión es el proceso a través del cual se verifica el desgaste del relieve. Los agentes erosivos como el agua y el viento actúan mayormente cuando las condiciones del terreno son favorables, es decir, en regiones que registran un alto porcentaje de humedad o por el contrario son muy secas. Pero no sólo los factores naturales pueden aumentar el riesgo erosivo, el hombre al intervenir el paisaje natural, también tiene mucha responsabilidad al respecto, especialmente cuando se deforestan amplias zonas de vegetación o se construye en lugares inapropiados. El agua, el viento y el hielo transportan los detritos que acaban por depositarse sobre la superficie terrestre, con lo que se van creando otras formas de relieve, o bien llegan al mar y se acumulan como sedimentos en capas llamados estratos.

A pesar de lo negativo que puedan parecer los procesos de meteorización y erosión, la verdad es que su incidencia en el relieve es importantísima, porque permiten la creación de nuevas formas de relieve.

Simulación A



Simulación B



Simulación C



Simulación D



Actividad propuesta por Diana Comte, Geofísica

14

Edad: 14 años en adelante

Bibliografía: * "Laboratory Manual, Focus on Earth Sciences". Merrill Publishing Company, A. Bell & Howel Information Company, Columbus Ohio, 1989
"La Tierra y sus Recursos: Una Nueva Geografía General", Levi Marrero, Ed. Cultural Venezolana, Caracas, 1999

15

VIII Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología 7 al 11 de octubre de 2002

Las Formas: Creaciones de la Naturaleza... Construcciones de la Humanidad

El Programa EXPLORA-CONICYT agradece la valiosa colaboración de investigadores, académicos y profesionales que han querido compartir sus experiencias, desde diferentes áreas del conocimiento, en las actividades desarrolladas a lo largo del país durante la Octava Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología.

LIBRO DE ACTIVIDADES 2002:

Este Libro de Actividades es una publicación que respalda conceptualmente la temática de la Octava Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología del Programa EXPLORA de CONICYT, una iniciativa nacional y permanente de educación no formal.

Colaboraron en esta edición:

- Jenny Blamey, Dra. en Bioquímica, Gerente Iniciativa Genoma Chile, FONDEF, CONICYT.
- Diana Comte, Dra. en Sismología y Física del Interior de la Tierra, Directora del Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Ligia Gargallo, Dra. en Ciencias Químicas, Profesora Titular de la Facultad de Química, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Francisco Melo, Dr. en Ciencias, Director del Departamento de Física, Facultad de Ciencia, Universidad de Santiago de Chile.
- José Maza, Dr. en Astronomía, Premio Nacional de Ciencias 1999, Profesor Titular del Departamento de Astronomía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Francisco Claro, Dr. en Física, Profesor Titular del Departamento de Física, Facultad de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Juan Alejandro Valdivia, Dr. en Física, Académico del Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
- Eduardo Moreno, Ingeniero Civil Matemático, Universidad de Chile.
- Christian Matzner, Arquitecto, Universidad de Chile, Master en Restauración Arquitectónica, Consejo de Monumentos Nacionales.
- Juan Bacigalupo, Ph. D., Neurobiólogo, Profesor Titular, Facultad de Ciencias, Instituto Milenio CBB, U. de Chile.

Edición General y Producción: Programa EXPLORA - CONICYT

Diseño y Diagramación: Jorge Baeza Tolchinsky

Impresión: La Nación S.A.

Distribución: El Mercurio

Tiraje: 180 mil ejemplares

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, sin fines de lucro, citando la fuente y al Programa EXPLORA - CONICYT

PROGRAMA EXPLORA - CONICYT

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica

Bernarda Morin 566, Providencia, Santiago

Teléfonos: (56-2) 3654576 - 3654571

Fax: (56-2) 6551386

email: explora@conicyt.cl

Sitio Web: www.explora.cl



www.explora.cl



I Región ARICA / PARINACOTA

Eliana Belmonte
Universidad de Tarapacá
Fono: 58 205557
mbelmont@uta.cl

II Región ANTOFAGASTA / EL LAGO

Lily Zamora
Universidad Católica del Norte
Fono: 55 3550303
lizamor@ucn.cl

III Región COPIAPO / CHANARAL

Julia Li Kao
Universidad de Atacama
Fono: 52 206699
jlikao@ciencias.uda.cl

IV Región ELQUÍ / CHOAPA / LIMARCA

Sergio González
Universidad Católica del Norte
Fono: 51 209909
sgonzale@nevados.ucn.cl

V Región VALPÁRAISO / QUILLOTA / SAN ANTONIO / SAN FELIPE / PETORCA / LOS ANDES

Mabel Keller
Universidad Católica de Valparaíso
Fono: 32 273533
mkeller@ucv.cl

VI Región SAN FERNANDO / RANCAGUA

Eric Bravo
Colegio Dresden Básico
Fono: 32 751034
direisla@latinmail.com

VII Región TALCA / CURICÓ

Luis Armando Astudillo
Universidad de Talca
Fono-Fax: 71 200448
lastudi@pehuenche.otalca.cl

VIII Región CONCEPCIÓN / ARAUCO / BÍO BÍO / ÑUBLE

Anita Valdéz
Universidad de Concepción
Fono-Fax: 41 216722
anivalde@udec.cl

IX Región CAUTÍN / MALLECO

María Cristina Díez
Universidad de La Frontera
Fono: 45 325476
cdiez@ufro.cl

X Región VALDIVIA

Lilian Villanueva
Universidad Austral de Chile
Fono: 63 221124
lvillanu@uach.cl

XI Región COYHAIQUE / AYSÉN

Alejandra Muñoz
Universidad Austral de Chile
Fono: 65 260990
crios@uach.cl

XII Región PUNTA ARENAS / PORVENIR

Margarita Garrido
Universidad de Magallanes
Fono: 61 207074
malvina@aoniken.fc.umag.cl

TERRITORIO ANTÁRTICO CHILEÑO

Wladimir Pinoche
Escuela F-50 Las Estrellas
Fono: 694895
coordinador@estrella.antartica.plaza.cl

Región Metropolitana Equipo EXPLORA

Programa EXPLORA-CONICYT
Fono: 3654576
explora@conicyt.cl