

Una ventana a la **CIENCIA**

Fco. Miguel Marqués Moreno



EL GRIAL NUCLEAR

¿Perdición o salvación de nuestra especie?

El grial nuclear

¿Perdición o salvación de nuestra especie?

Enero de 2023

Fco. Miguel Marqués Moreno

Una ventana a la ciencia; 2

© Fco. Miguel Marqués Moreno

© 2023, Editorial Universitat Politècnica de València

Distribución:

Telf. 963 877 012 / www.lalibreria.upv.es / Ref. 0881_04_01_01

ISBN: 978-84-1396-071-5

Depósito Legal: V-198-2023

Imprime Byprint SL

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo edicion@editorial.upv.es.

Impreso en España

*A Alejandro, Cristina y Diego,
el sentido de esta carrera de relevos.*

*Que puedan llevar nuestro testigo
a dondequiera que se propongan.*

UN VIAJE AL CENTRO DEL ÁTOMO

El viaje más fascinante que jamás hayamos realizado no nos llevó a atravesar desiertos, ni a surcar océanos, ni a dejar atrás la atmósfera. Fue un viaje en el que unos pocos usaron su cerebro en los sótanos de modestos laboratorios para recorrer la apenas milmillonésima de milímetro que nos separa del centro del átomo. Se trata de una distancia insignificante, pero ese viaje ha cambiado nuestro destino para siempre. En sólo tres décadas pasamos de ignorar el contenido del átomo a ‘entrar’ en él para adiestrarlo y liberar su inmensa energía, poniendo así en peligro por primera vez a nuestra propia especie. Soy físico nuclear y aficionado a la historia, y tras la lectura del libro de Alan Lightman *The discoveries*, y sobre todo del de Richard Rhodes *The making of the atomic bomb*, decidí preparar una charla sobre esta aventura, con multitud de detalles y anécdotas que poco a poco fueron desapareciendo para no sobrepasar la hora (hoy en día todos tenemos prisa). Sin embargo, muchos de ellos eran la parte más interesante de la historia, y pensando en cuál sería el formato que podría darles cabida de nuevo me dije: ¿por qué no un libro?

El que este viaje al centro del átomo sea un gran desconocido se debe sobre todo a la creencia de que la física nuclear es algo demasiado difícil de explicar. Es cierto para los detalles, como en casi todas las disciplinas. Los principios, en cambio, deben poder simplificarse con un poco de esfuerzo hasta el nivel de un no iniciado. ¡De hecho es la mejor forma de estar seguro de que uno mismo los ha entendido! Eso sí, en el viaje que nos ocupa el esfuerzo tendrá que ser mayor debido a un ‘pequeño’ obstáculo: nuestra intuición. Conforme nos adentremos en el

átomo, iremos abandonando las leyes de la física clásica para descubrir una serie de paradojas contrarias a nuestra percepción de la realidad. Quizá sea necesario un mínimo de cultura científica si se pretende entenderlo todo, pero espero que el esfuerzo realizado permita también a los que no la tengan llegar a entender una gran parte de la historia.

El azar quiso que la recta final del viaje coincidiera con una guerra mundial. La confrontación y el miedo llevaron a algunos contendientes a acelerarlo de forma vertiginosa, en búsqueda del arma definitiva. Pero la fisión del átomo, la construcción de la bomba... ¿no son secretos militares? Ya ha pasado más de medio siglo desde los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki, nuestro único uso de la energía atómica como arma. Desde entonces, investigaciones periodísticas, publicaciones de biografías, entrevistas a los protagonistas... han ido desvelando las partes más importantes del rompecabezas. Ciertos detalles aún permanecen clasificados, pero no supondrán un obstáculo para la ilustración a grandes trazos de las distintas etapas.

La decisión de usar la bomba marcó el siglo XX, y es normal que todos tengamos una opinión, más o menos fundada, sobre ella. En cualquier caso fue guiada por un contexto muy duro, y no es justo hacer valoraciones ignorándolo. Un objetivo de este libro es recrear ese contexto aprovechando la multitud de fuentes que se han vuelto accesibles con la globalización de la información, en la medida de lo posible citando a los protagonistas, para así comprender mejor la cadena de acontecimientos que llevó a hacer desaparecer ciudades enteras. Veremos que a menudo no fue el aspecto científico el más complicado del viaje, sino el humano. La historia resumida suele simplificar demasiado las cosas. Mirándola más de cerca vemos que los personajes no se dividen en buenos y malos, sino que se distribuyen a lo largo de una gama muy amplia, unos más cerca que otros de cada extremo.

Tras el punto álgido de este viaje, la liberación descontrolada de la energía atómica en 1945, el último capítulo del libro nos lleva hasta el presente (y futuro próximo). Las noticias nos hablan de países que intentan dotarse de armamento atómico.

Irán está “enriqueciendo el uranio”: ¿enriqueciéndolo en qué, y para qué? Otros trafican con plutonio de las antiguas repúblicas soviéticas: ¿con qué objetivo? Mientras tanto, las potencias occidentales intentan vigilar todos estos movimientos: ¿hasta qué punto se puede? Países como Corea del Norte o Rusia esgrimen la amenaza de un ataque nuclear: ¿hay que tomarla en serio? ¿Cuáles serían las consecuencias? Las armas atómicas detuvieron la espiral de guerras mundiales que en la primera mitad del siglo XX se cobró una centena de millones de vidas, pero desde entonces vivimos expuestos a un riesgo de extinción de la especie: ¿podemos evaluarlo? Ya estamos intentando controlar en la Tierra la fuente de energía que hace brillar nuestro Sol y las demás estrellas, la *fusión* del átomo. Pero las estimaciones más optimistas apuntan al horizonte 2050: ¿por qué nos cuesta tanto? ¿Será el reactor ITER la solución a todos nuestros problemas energéticos?

Las respuestas a todas estas preguntas se encontraban sumergidas entre notas, ficheros y carpetas, una cantidad de información inmensa que debía transmitir de forma comprensible a un público en general ajeno a la ciencia. En esta tarea de interfaz, que iba a dictar nada menos que si el libro era publicable o no, han jugado un papel esencial dos personas. Mi suegro Javier, sin miedo a atacar con entusiasmo textos que eran incomprensibles (¡y sin miedo a decirme “*No se entiende nada!*”), que desde el principio me ha obligado a insistir en la pedagogía. Y sobre todo mi hermano Fernando, un lector más meticuloso que algunos correctores de ortografía, capaz de abstraerse de su cultura científica para juzgar la accesibilidad del texto, de guardar una visión de conjunto conforme avanzaba el libro y se añadían nuevas rúbricas, y que a pesar de haber releído muchos pasajes siempre estaba dispuesto a releer la versión siguiente, que yo le volvía a vender como ‘definitiva’. Mi agradecimiento a ellos, el gran filtro de este libro.

También quiero agradecer a todos los que, al asistir a las charlas que he dado sobre el tema, han interaccionando conmigo para hacer que sus contenidos fuesen evolucionando hacia una forma cada vez más didáctica. En la recta final, gracias a

dos de mis antiguos profesores, Jesús Navarro y Berta Rubio, y a dos colegas de profesión, Ismael Martel y Ángel Sánchez, por su ánimo y por su consejo en la búsqueda de un primer editor, la Universidad de Huelva, que permitió que este libro viera la luz en un principio. Con el tiempo, la actualidad ha hecho que reconsidere muchos contenidos, y he aprovechado para añadir más esquemas y simplificar las explicaciones. Y gracias a la Universitat Politècnica de València, que ya me publicó otro libro sobre las paradojas de la Teoría de la Relatividad (*El límite del vértigo*), puedo por fin publicar una versión bastante mejorada de este libro, que esta vez sí se corresponde con la que desde un principio tenía en mente.

Por último, agradecer a mis padres que nos hayan pasado su testigo y empujado siempre hacia adelante, con un aliento constante que aún seguimos notando a pesar de la distancia y el tiempo. Que mi padre, que pudo escuchar de mi madre el primer capítulo, pueda terminar el libro desde donde esté.

CRONOLOGÍA

- Siglo V a. C.** Introducción del concepto de átomo.
- 1895** Descubrimiento de los rayos X.
- 1896** Descubrimiento de la radioactividad.
- 1897** Descubrimiento del electrón.
- 1900** Aislamiento de los primeros elementos radioactivos.
- 1911** Descubrimiento del núcleo atómico.
- 1913** Modelo cuántico del átomo.
Medida de la carga de su núcleo.
- 1914-18** Primera Guerra Mundial.
- 1919** Ruptura del núcleo y descubrimiento del protón.
Medida de la masa de cientos de núcleos.
- 1932** Invención del ciclotrón.
Descubrimiento del neutrón y del positrón.
- 1933** Descubrimiento de la radioactividad artificial.
- 1934** Inducción de la radioactividad con neutrones lentos.
- 1938** Descubrimiento de la fisión del uranio.
- 1939** Identificación del U235 como mayor fuente de la fisión.
Medida de la emisión de neutrones en la fisión.
Estallido de la Segunda Guerra Mundial.
- 1940** Estimación de la masa crítica del U235.
Informe sobre las propiedades de una 'super-bomba'.
Búsqueda de agua pesada como moderador de neutrones.

- 1941** Descubrimiento del plutonio y medida de su fisión.
Entrada en la guerra de Estados Unidos.
Interrupción del programa nuclear soviético.
- 1942** Abandono de los programas nucleares alemán y japonés.
Inicio del Proyecto Manhattan.
Síntesis del plutonio.
Primera reacción en cadena controlada por el hombre.
- 1943** Construcción de Los Álamos, Oak Ridge, y Hanford.
Desarrollo de las bombas de disparo y de implosión.
Bombardeo indiscriminado de ciudades alemanas.
- 1944** Primeros gramos de plutonio en Los Álamos.
Modificación del bombardero B-29 para lanzar la bomba.
Construcción de la base de B-29 en Islas Marianas.
- 1945** Bombardeo incendiario de Tokio.
Experimento del Dragón sobre la masa crítica del U235.
Ensayo *Trinity* de la bomba de plutonio en Alamogordo.
Lanzamiento de *Little Boy* sobre Hiroshima.
Lanzamiento de *Fat Man* sobre Nagasaki.
Fin de la Segunda Guerra Mundial.
- 1946** Reacción en cadena controlada en Moscú.
Construcción de Sarov, el Los Álamos soviético.
- 1948** Bloqueo de Berlín Oeste.
- 1949** Ensayo de la bomba atómica soviética en Semipalatinsk.
- 1950-53** Guerra de Corea.
- 1951** Diseño Teller-Ulam de la bomba H.
- 1952** Explosión de *Mike*, primera bomba H.
- 1954** Explosión de *Bravo*, la bomba H americana más potente.
Explosión de *Joe-4*, la primera bomba H soviética.
- 1961** Explosión de *Zar Bomba*, la más potente de la historia.

- 1962** Crisis de Cuba y creación del “Teléfono Rojo” entre EEUU y la URSS.
- 1968** Creación del Tratado de No Proliferación.
Consolidación del tokamak para la fusión controlada.
- 1974** India consigue la bomba atómica.
- 1991** El JET produce energía a partir de la fusión.
- 1998** Pakistán consigue la bomba atómica.
- 2003** Corea del Norte retira su firma del TNP.
- 2008** Empieza la construcción del reactor de fusión ITER.
- 2015** Irán dice renunciar al programa nuclear militar.
- 2020-30** ¿ITER multiplicará por 10 la energía que consume?
- 2030-40** ¿DEMO enviará la energía de fusión a las redes?
- 2050** ¿La Tierra se cubrirá de ‘estrellas’?

ÍNDICE

Prólogo _____	1
1. Las muñecas rusas _____	5
La prehistoria del átomo	5
Mensaje en una botella	8
Aterrizaje en el núcleo	18
La Gran Guerra.	29
La última muñeca	39
2. La caja de Pandora _____	45
Una caja fuerte	45
Elementos extraterrestres	47
El auge del fascismo	53
El rompecabezas del uranio	56
Se abre la caja.	62
3. Vientos de guerra _____	73
El uranio pequeño	73
Una masa crítica	79
El peso del agua	85
El dios de los muertos.	89
Cita en Copenhague	93
4. El control del átomo _____	101
Guerra total	101
El Tifón se congela.	106
Las pilas exponenciales	111

Plutonio a la vista	114
El navegante italiano	117
5. El Proyecto Manhattan _____	125
El genio de la bomba	125
Álamos en el desierto	130
La riqueza del uranio	138
Un plutonio muy lejano.	145
El gordo y el flaco	152
6. Las puertas del infierno _____	159
Sodoma y Gomorra	159
Un Sol menguante	167
El sueño del dragón	173
El día de la bestia	181
El noveno círculo	191
7. La espada de Damocles _____	209
Primer relámpago	209
El Sol sale dos veces	220
El planeta de los simios.	235
Policías nucleares	244
Estrellas en la Tierra	250
Epílogo _____	263
Fuentes _____	271
Figuras _____	277

PRÓLOGO

El avance de la ciencia básica requiere tres ingredientes fundamentales: herramientas, curiosidad y azar. Los tres son necesarios y ninguno de ellos es suficiente.

El primero es el más fácil de entender, como dijo Robert Oppenheimer: *“Los grandes descubrimientos científicos no se han hecho porque fuesen útiles, se han hecho porque era posible hacerlos”*. Demócrito imaginó el átomo en el siglo V a. C., pero no lo pudo descubrir porque carecía de instrumentos capaces de sondear la materia a una escala tan pequeña. La historia se repitió mucho más tarde para científicos tan ilustres como Isaac Newton. Toda la curiosidad del mundo no habría bastado hasta que a finales del siglo XIX nos equipamos de herramientas capaces de recibir las señales del átomo, presentes desde el origen de nuestra especie pero hasta entonces invisibles a nuestros ojos. No deja de ser una paradoja que Demócrito pudiese imaginar el átomo, cuando era algo desconocido e inalcanzable, y que 2500 años después la mayoría de la gente lo desconozca, aunque ya sepamos que existe y cómo es.

El segundo ingrediente es la curiosidad, la individual de los científicos pero también la de la sociedad que les debe proporcionar las herramientas. Richard Feynman comparó la física, y la ciencia básica en general, con el sexo: *“Está claro que puede tener aplicaciones prácticas, pero no es por eso que lo hacemos”*. La curiosidad es una característica esencial de nuestra especie, que nos ha hecho ser lo que somos y probablemente nos ha permitido estar aquí para contarlo. Hace 100 000 años, ¿era África demasiado pequeña para los pocos Homo Sapiens que allí vivíamos? ¿Por qué abandonamos la seguridad de lo

conocido para aventurarnos a cruzar montañas, ríos, mares y desiertos? Llegamos a Europa, a la India, pero no eran las riquezas de cada valle lo que nos obsesionaba, era descubrir qué había al otro lado de las cimas que lo rodeaban. Las playas paradisíacas del sudeste asiático no nos bastaron, preferimos subirnos a balsas rudimentarias y lanzarnos al mar, hasta tropezar con Australia. Los hielos del estrecho de Bering no fueron obstáculo, las riquezas de América del norte no interrumpieron nuestro camino hacia la Tierra de Fuego. Y toda la diversidad que nuestra curiosidad generó nos hizo más inteligentes, más fuertes, menos vulnerables. Desgraciadamente, la curiosidad es un ingrediente que se nos acaba. Conocemos las herramientas que necesitamos, pero nuestras sociedades cada vez están menos dispuestas a invertir en ellas si no ven un beneficio evidente a corto plazo, y en parte por ello cada vez hay menos vocaciones para usarlas. Sabemos qué haría falta para pisar Marte, pero pocos son los que consideren esa inversión como una de las prioridades de nuestra especie. Y cuando haga falta ir ya será demasiado tarde, no bastará con querer hacerlo.

Unos minutos después del *Big Bang* en el universo había sobre todo hidrógeno, que acabó formando las primeras estrellas. En ellas se combinó para producir otros elementos ligeros, y la explosión de éstas creó los elementos más pesados y los esparció por el espacio. Seguía habiendo sobre todo hidrógeno, para formar otra generación de estrellas, pero ahora los demás elementos pudieron formar a su alrededor planetas rocosos capaces de albergar el desarrollo de la vida. Sin embargo, ésta se iba a desarrollar muy despacio, necesitaba energía y tiempo, una fuente casi eterna. La mayor parte de la energía en las estrellas se obtiene combinando núcleos de hidrógeno para formar helio, en un ciclo de reacciones rápidas... excepto una, mucho más lenta. Gracias a ella el universo no se reduce a estrellas que al poco de formarse explotan, sino que se consumen lentamente, bañando con su luz los planetas que las rodean durante miles de millones de años. Hasta que en algunos de ellos (¡por lo menos en uno!) se desarrolla la vida y llega a adoptar una forma capaz de preguntarse cómo ha lle-

gado allí, y de encontrar la respuesta. Todo este rodeo para decir que no deberíamos arruinar la magia de este proceso limitándonos a sobrevivir. Es nuestra obligación aprovechar que hemos alcanzado el nivel que nos permite hacernos preguntas para hacérnoslas. Tenemos el imperativo moral de investigar, descubrir, empujar lo más lejos posible los límites del conocimiento, del espacio, del tiempo. No pasemos a la historia como la primera generación de Homo Sapiens que dejó de hacerlo.

A veces oímos que la edad de oro de la física fue el siglo XX y que ahora ya está todo descubierto. De hecho ya a finales del siglo XIX pocos querían ser físicos porque se creía que en física no quedaba nada por descubrir. A esa máxima se aferran en parte los que no quieren seguir buscando, sin darse cuenta de que siempre se ha mirado hacia atrás, y hacia adelante, de una forma similar: a toro pasado, creemos que los descubrimientos que ya se han hecho eran los que faltaban, cómo no, y al mismo tiempo no somos capaces de imaginar qué es lo que queda por descubrir... hasta que se descubra. Como si fuese necesario imaginarlo antes. Cuando los descubrimientos que se avecinan son tan sorprendentes que escapan a nuestra imaginación, sólo disponemos de un arma, nuestra curiosidad. Como dijo Isaac Asimov: *“La frase más excitante que se puede escuchar en ciencia, la que precede a la mayoría de los descubrimientos, no es ‘¡Eureka!’ [lo encontré], sino ‘Qué curioso...’”*.

Y llegamos al último ingrediente, el azar. Nuestra sociedad confunde a menudo dos cosas que tienen muy poco que ver: la ciencia aplicada y la ciencia básica. En la primera, investigamos para aplicar algo conocido a un uso más o menos definido. El interés es inmediato, se puede programar desde arriba, se pueden exigir resultados. En la segunda, buscamos lo desconocido: ¿cómo se va a poder justificar el interés, o programar, o exigir resultados, de la búsqueda de algo que no conocemos? La única programación posible es poner a gente competente a buscar, darles los medios, y cruzar los dedos para que el azar sople en nuestra dirección. Cuando nuestros ancestros se subieron a balsas en las costas de Indonesia, no llegaron a Australia necesariamente los más inteligentes, sino los que más suerte

tuvieron. El viaje al centro del átomo está plagado de descubrimientos, y como veremos la gran mayoría se debieron al azar. Sí, las personas que intervinieron eran excepcionales, pero también fueron libres para dejarse guiar por su intuición, no tuvieron que rendir cuentas sin cesar, y fue esa libertad la que les permitió estar listas cuando el azar llamó a su puerta.

LAS MUÑECAS RUSAS

Durante 2400 años el átomo fue sólo una idea, rebatida por muchos, desconocida por casi todos, hasta que el azar hizo que a finales del siglo XIX alguien recibiese sus señales. A partir de ahí un puñado de científicos empezó a descodificar esas señales, a jugar con él, como decía Rutherford a “*torturarlo*”, hasta que se fueron desvelando las diferentes estructuras en su interior cual muñecas rusas. En 1932, con el descubrimiento del neutrón, terminó esa primera fase de exploración del átomo, ya no quedaban más muñecas.

La prehistoria del átomo

En el siglo V a. C. el filósofo griego Demócrito desarrolla la *Teoría atómica del universo* de su mentor Leucipo. No se apoya en la experiencia, sino en razonamientos lógicos. Se pregunta qué pasaría si fuésemos capaces de dividir la materia una y otra vez, y concluye que llegará un punto en el que no podremos dividirla más, el “átomo” (indivisible en griego). Como no se pueden dividir, los átomos son eternos y homogéneos, y su pequeño tamaño los hace invisibles para el hombre, dándole a la realidad que nos rodea una apariencia continua. Estos átomos se mueven en el vacío y no son puntos, tienen distintas formas, algunas tan retorcidas que hacen que se enganchen unos a otros para formar estructuras más o menos sólidas a nuestra escala. Los objetos nos parecen fríos o calientes, dulces o salados, pero esas sensaciones no existen como tales, son el resultado de la forma en la que los átomos del objeto interaccionan con los átomos de nuestros órganos sensitivos. De ahí su famosa frase: “*Por convención lo dulce; por convención lo amargo; por convención el color; pero en verdad, átomos y vacío*”.

Hoy sabemos que los átomos no son indivisibles, aunque hayamos conservado el nombre griego original, ni homogéneos. Y afortunadamente no todos son eternos, algunos se desintegran emitiendo señales que nos han permitido descubrirlos. Pero tenemos que reconocer a los griegos el esfuerzo intelectual de imaginar la materia a escalas inalcanzables, sobre todo en una sociedad tan atrasada, materialmente. Porque intelectualmente estaban muy por delante de su tiempo: ya sabían que la Tierra era redonda (viendo su sombra en la Luna durante los eclipses de nuestro satélite), incluso Eratóstenes midió su radio, Herón usó el vapor para mover una máquina... Sin embargo, la visión atomista no era unánime, algunos griegos ilustres se opusieron tenazmente. Platón esgrimía que átomos chocando entre sí en el vacío nunca podrían producir la belleza del mundo. Y Aristóteles rechazaba la noción de vacío y postulaba que los cuatro elementos, aire, agua, tierra y fuego, no estaban formados por átomos, sino que eran continuos (Fig. 1.1).



Figura 1.1: Aristóteles y Demócrito se sentaban en las mismas sillas, pero no las imaginaban igual. Aristóteles (izquierda) veía la realidad como un continuo formado por cuatro elementos, aire, agua, tierra y fuego; Demócrito (derecha) proponía un mundo hecho de átomos y vacío (revista *Science & Vie*, 2008).

A este brillante despertar del conocimiento siguieron muchos siglos de oscuridad, en los que la humanidad lo olvidó todo: el átomo, la esfera terrestre, las máquinas de vapor... Primero por la decadencia del mundo griego y el auge de Roma, mucho más pragmática y menos dada a las ideas sin aplicación inmediata. Y después por el desarrollo del cristianismo, que como todas las grandes religiones no podía tolerar la posibilidad de que encontrásemos respuestas contrarias a su dogma. Con el Renacimiento se desarrollan las herramientas que permiten la observación del mundo macroscópico, y el hombre empieza a entender el movimiento de los planetas alrededor de nuestro Sol, a recuperar los siglos perdidos.



Pero el mundo microscópico todavía queda lejos, sólo al alcance de la imaginación. A principios del siglo XVIII, Isaac Newton escribe en su *Óptica*: “*Me parece probable que Dios en un principio creó la materia como partículas en movimiento, sólidas, masivas, duras, impenetrables, de tal tamaño y número, y con tales otras propiedades, y en tal proporción al espacio, que la mayoría condujeron al fin para el que Él las había creado*”. A estas alturas el átomo es aún una opinión, pero algunas teorías empiezan a asumir su existencia cuando la descripción de ciertos fenómenos lo requiere, como la teoría de Dalton para explicar las proporciones de los compuestos.

En la segunda mitad del siglo XIX, James Maxwell publica *Moléculas*, y añade a esta visión mecánica del mundo una dimensión temporal, cíclica: “*Aunque en el transcurso del tiempo se hayan producido, y puedan aún producirse, catástrofes en los cielos, aunque sistemas antiguos se hayan disuelto y otros nuevos hayan evolucionado de sus ruinas, las moléculas con las que estos sistemas se construyen, las piedras fundadoras del universo material, permanecen intactas. Tal y como fueron creadas, perfectas en número, tamaño y peso*”. Maxwell prefiere utilizar el término “molécula” ya que, aunque se sigue extendiendo la idea de la existencia del átomo, nadie sabe lo que es: “*En cada molécula de agua hay dos moléculas de hidró-*

Para seguir leyendo, inicie
el proceso de compra, click
aquí