

FUERZAS DEL MAR.

La alarma producida en el campo de la Ciencia por el temor de que falte combustible para dar vida á las máquinas movidas por el vapor; el hecho, comprobado por las primitivas estadísticas, de que cada quince años doblaba el consumo de carbón en los países civilizados, y la seguridad de que cada diez ó doce años se verificará de aquí en adelante esa dobla, hizo dirigir la atención de los inventores hacia la conquista de fuerzas y energías poderosas no domadas aún, pero que no parece sino que están aguardando á que el Genio de las invenciones les diga resueltamente: "Venid á mi servicio."

Hace un cuarto de siglo se exageraba una verdadera dificultad: el transporte de la fuerza á distancia; su distribución á los grandes talleres de la industria, y, sobre todo, su repartición á domicilio entre los pequeños industriales de la fabricación urbana. Era patente, por ejemplo, que grandes saltos de agua existían en el interior de montañas escabrosas; pero pocos ingenieros se atrevían á proponer que la in-

dustria y la fabricación fuesen al corazón de los montes en busca de la fuerza motriz, como los mineros van por los metales útiles adonde quiera que se encuentran. Se temía, y en muchos casos con razón, que la fabricación no podría pechar con los gastos de transporte de los productos elaborados, tanto más onerosa cuanto menos caminos de montaña hubiese construidos, y más distante estuviese la esperanza de vencer rampas abruptas, trepar por breñas inaccesibles, ó taladrarlas con túneles costosísimos, y en aquella época utópicos quizá.

*
* *

Pero la dificultad del transporte de la fuerza á distancia, ha quedado definitivamente vencida: EN LA PRÁCTICA, por medio del aire comprimido, con el cual se ha realizado la perforación de los inmensos túneles del Monte Cenis y del Monte San Gotardo, prodigios de la modernísima ciencia del ingeniero; y EN LA TEORÍA, porque con grandes fundamentos se cree que la electricidad podrá competir con el aire comprimido, y hasta dominarlo, especialmente cuando no sea necesario ventilar y sanear atmósferas viciadas, como es imprescindible hacerlo en los trabajos bajo el agua, en arenas acuíferas, en los túneles, y sobre todo, en las minas, donde el aire comprimido, después de haber devuelto útilmente la fuerza en él almacenada, provee con fluido sano á la respiración de los obreros y produce una poderosa ventilación.

Siendo, pues, indudable actualmente, tanto por los resultados de la práctica, como por las esperanzas de la teoría, que siempre será posible trasladar á dis-

tancia la energía de una fuerza utilizable, se ha vuelto á pensar con reiterado ahinco en aprovechar como fuerza motriz el calor del sol en la superficie de la tierra, el calor central de nuestro globo, los saltos de agua (especialmente las cataratas del Niágara en la América del Norte y las del Potaro en la América del Sur), la fuerza intermitente de los vientos, y hasta la misma potencia del carbón fósil á la boca de las minas de donde se extrae, por creerse, en virtud de atendibles consideraciones teóricas, que ha de resultar más barato el transporte á grandes distancias de la energía almacenada en el negro combustible, que la del combustible mismo.

Pero los problemas relativos al aprovechamiento de algunas de estas fuerzas están actualmente erizados de tremendas dificultades, técnicas unas veces, teóricas otras; técnicas y teóricas juntamente en muchos casos. Nadie considera irrealizable la esperanza de algunos atrevidos ingenieros que juzgan al calor central de nuestro globo hogar en lo futuro, casi inagotable é inextinguible, de todas las máquinas de vapor que en adelante hayan de libertar al hombre del trabajo servil de sus músculos; pero tampoco nadie conoce en el día la teoría de este posible aprovechamiento, y, mucho menos, la TÉCNICA especial que pondría al ingeniero en posesión de él.

*
* *

Así es que las miradas del mayor número de los inventores se han dirigido hacia las FUERZAS DEL MAR.

En todos los océanos, la energía de la inmensidad del líquido salado reside en las mareas PERIÓDICAMENTE, y POR ACCIDENTE en el oleaje.

En todos los mares interiores se encuentra sólo en el oleaje, porque en ellos es insignificante la amplitud de la marea.

Las mareas dependen de las atracciones combinadas del Sol y de la Luna en las aguas que la rotación terrestre les presenta; y con más especialidad depende de las de la Luna, cuya acción, á pesar de la insignificante masa de nuestro satélite, es dos veces y tercio mayor que la del Sol, á causa de la proximidad.

*
* *

Se sabe que Pytheas, de Marsella, griego, 320 años antes de J. C. había observado las mareas en Inglaterra; y, según se desprende de Plutarco, parece haberlas atribuido á la Luna. Strabón dice, conforme á Posidonio, que el movimiento del Océano imita al de los cielos, pues el mar presenta un movimiento diurno, uno mensual y otro anual; y que las elevaciones y depresiones de las mareas son más pronunciadas en los novilunios y en los plenilunios..... Julio César en los COMENTARIOS, al referir el paso del canal de la Mancha, habla de la acción de la Luna como de cosa conocida.

Ya Plinio y Séneca atribuyeron el fenómeno á la acción combinada del Sol y de la Luna, *verum causa in Sole Lunaque*, dice Plinio. Lucano, en su *Pharsalia*, habla de las playas inciertas de Francia; que pertenecen unas veces á la tierra, y otras pertenecen á la mar: Lucano indica como causas el Viento, el Sol y la Luna; mas él se resigna á la ignorancia que "los dioses han querido imponer á los mortales."

Sin hablar de las causas de las mareas, menciona ya Herodoto las del mar Rojo. También habla de estos movimientos oceánicos Diodoro de Sicilia. Y Quinto Curcio pinta la admiración de Alejandro Magno y el espanto de sus soldados cuando vieron los estragos del pororoca en el Indus.....

*
* *

¡Plateada llaman los poetas á la Luna! Pues, aunque fuera de maciza plata, no valdría tanto el satélite como vale su eterno movimiento.

En las inmensas extensiones oceánicas del hemisferio austral produce constantemente nuestro satélite, ayudado ó contrariado por el Sol, una gigante intumescencia de las aguas marinas, y la Tierra, en su rotación cotidiana, origina una inmensa onda líquida que se dirige hacia el Norte en el Atlántico por las costas de África y de Europa con una velocidad planetaria, que en algunos sitios llega á 900 kilómetros por hora.

Este movimiento incalculable, luego ramificado en ondas de localidad, es el origen de nuestras mareas.

La presión barométrica, los vientos, los choques contra las costas, las diferencias de profundidades del mar, la fricción con los fondos..... producen las turbulencias de las olas.

Y ¡qué vergüenza! Esta perpetua fuente de movimiento, que durará cuanto duren en nuestro globo las causas siderales que lo mantienen en su presente estado, resulta hoy completamente perdida para la Humanidad y para la Civilización.

*
* *

Es inmensa la fuerza de las mareas y de las olas.

En nuestras playas españolas del Océano, las mareas se elevan de 4 á 5 metros á lo más; pero hay lugares donde las amplitudes de la marea exceden con mucho de esa cantidad. En Saint-Maló (Francia) suben algunas veces hasta 12 metros: en el canal de Bristol 17, y 20 ó más en la mar de Fundy (Canadá, entre New-Brunswick y Nova Scotia). Asombra, pues, la fuerza perdida en las hoy no aprovechadas mareas.

Imagínese solamente lo que se necesitaría de hombres y de máquinas de vapor para llenar y vaciar dos veces en cada veinticuatro horas hasta la altura de cuatro metros bahías tan extensas como las de Cádiz, Santander, la ría de Lisboa, etc., etc.; teniendo en cuenta que cada metro cúbico de agua elevado cada segundo á la altura de solo un metro, representa (teóricamente) la enorme fuerza de $13 \frac{1}{2}$ caballos vapor; y que en las costas atlánticas de España la subida y el descenso de las aguas marinas no puede contarse sino por billones de metros cúbicos.

Pues ¿y la fuerza de las olas?..... No hablemos de las olas de tempestad, porque su poder excede á cuanto, antes de haber visto sus estragos, puede buenamente concebir la imaginación de los no criados en los puertos de mar.

La potencia de un huracán es irresistible. La infernal furia de un tornado no reconoce rivales. Pa-

rece como que una personificación de todos los estragos arrastra y aplasta y destruye cuanto encuentra en su vertiginosa carrera de dislocadas contorsiones: suprime el día en noche negra; troncha los árboles de siglos, arrebata los techos, derriba las casas, seca los ríos, descuaja las rocas, derriba los faros y los sepulta en los abismos del mar.....; la atmósfera se convierte en un espantoso escuadrón á escape de ruinas y escombros voladores; y hombres, y ganados, y cosechas, y lanchas, y navíos, desaparecen en el torbellino de tinieblas, ó caen como heridos del rayo, por vigas, troncos, ramas, peñascos y mástiles, convertidos por el ciclón en improvisados arietes de empuje inconcebible..... Pasa el huracán, y el sol brilla sobre una increíble transformación: antes lucía sobre cosechas, bosques, casas, palacios, ciudades y bahías pobladas de buques de todas las naciones..... y luego luce sobre las regiones de la muerte.

Los anales marítimos registran muchos ejemplos de sillares y de bloques de 20 toneladas y de 30 y de 40, arrebatados por el oleaje desde resistentes malecones. El faro de Krischna, cuya base medía 400 metros cuadrados, desapareció en 1877 no se sabe cómo: en 1875 fué arrancada de cuajo y precipitada al abismo la maciza torre levantada frente á la desierta isla de Lavezzi en el Estrecho de Bonifacio: en 1855 desarraigó el mar un lienzo de muralla en Cádiz de 80 metros de longitud y peso de 10 000 toneladas, que, al caer, girando sobre su asiento, hizo temblar toda la ciudad. Los escarmientos de las últimas bien comprobadas catástrofes han desconcertado los cálculos de los ingenieros; y, para asegurar la resistencia de las últimas y más considerables obras hidráulicas, se han construido piedras artifi-

ciales de 72 toneladas de peso para los malecones de la obra del Mississipi, de 120 para los de Queens-town-Harbor, y 350 (!) para los de Dublin.

Pero no hablemos de las montañas de agua de 30 y más metros (!) observadas por el Argonauta, Fleuriot de Langle, Kiddle..... y otros navegantes: hablemos sólo de las olas comunes de un metro de amplitud, y consideremos la enorme fuerza que puede aprovechar un solo flotador de 100 metros cúbicos subiendo y bajando un metro de altura en cada 10 segundos; pues este intervalo es el término medio, según Gauchez, de la frecuencia de las olas.

Ese flotador representaría teóricamente, y en tales circunstancias, 130 caballos-vapor.

*
* *

Hoy, cuantos ingenieros estudian el problema de la utilización de las fuerzas del mar, pretenden almacenar la irregularidad de sus movimientos en un agente secundario que funcione con regularidad, y, al efecto, todos tratan de convertir en aire comprimido ó en electricidad la potencia marítima. El problema parece á primera vista muy sencillo; porque para todos es patente que un movimiento puede transformarse siempre en otros, ó almacenarse en un excipiente tan dócil como el aire, comprimiéndole. Pero las irregularidades y la grandiosidad de la potencia primaria son tan enormes, que hasta ahora sólo en pocos casos se han dejado dominar.

Algún día (en día quizá no lejano) será conquistada de una vez para siempre la fuerza de los mares, y esa Potencia incalculable se convertiría en una mina de oro inextinguible!

Y ¡cuál no sería el bienestar de una comarca que pudiese (por ejemplo, entre millares), hilar algodón cinco veces más barato que las grandes filaturas de los actuales centros de tejidos al vapor.

*
* *

Sin abundancia no hay dignificación.

La Ciencia es, pues, eminentemente social, por más que las verdades cuando están descubriéndose y propagándose distan mucho de ser remunerativas para los obstinados y tenaces que á ellas sacrifican la actividad de su investigación.

La sabiduría de un país es su más poderoso capital; y piensan mal, deplorablemente mal, cuantos creen (y son muchos todavía) que la ignorancia en las muchedumbres y el saber en los menos es el *desideratum* del estado social.

La Ciencia es en espíritu y acción esencialmente democrática, y su clientela incluye á todos los pueblos del mundo. Pero los obreros de la investigación son escasos todavía, aunque su número es mucho, muchísimo mayor que antes era; y si existe miseria en el mundo, es porque hay pocos aún que estudien las fuerzas naturales, y descubran las leyes que las rigen, para subyugarlas y hacerlas trabajar sin descanso contra los enemigos de la Humanidad: la miseria y la ignorancia.

Témese á la Ciencia, porque ella es la mantenedora de la agresión perenne de lo NUEVO que debe venir, contra lo VIEJO que debe perecer; pero la lucha es condición de la existencia, porque, solamente cuando no haya nada que mejorar, cesarán las hostilida-

des entre las esperanzas del MAÑANA y los errores del AYER; ya que el Progreso necesita muchas veces la destrucción de lo antiguo, cuando éste le estorba ó se opone á su marcha triunfadora.

*
* *

¡FUERZA! ¡FUERZA!

Este es hoy el grito de la Humanidad, para asegurar el bienestar de los que ahora sufren.

La creciente riqueza de una nación depende del incesante incremento de la fuerza motriz.

¡Y bien! La FUERZA abunda.

Pero el hombre no quiere pedirla con preferencia más que á la combustión del carbón escondido en las entrañas de la tierra.

Y esto es á sabiendas despilfarro.

¡A la obra, pues, olas del mar! ¡Al trabajo, mareas del Océano!

Sea la que fuere vuestra bravura, comprimid aire, almacenad electricidad.

¡Mar, al trabajo! Para que donde quiera, agentes secundarios muevan nuestros talleres, transformen nuestras comarcas, aren nuestros campos, los irri-guen, los saneen, los canalicen, iluminen nuestras ciudades, y lleven á todas partes la abundancia de nuestras cosechas y la bendición de nuestros arte-factos.

Y la FUERZA DEL MAR se sienta en todas partes.

Y, así como el agua y la luz se reparten á los habitantes de nuestras grandes poblaciones por cañerías y conductos subterráneos, así también por tu-

berías enterradas, ó por alambres eléctricos, se distribuya la FUERZA Á DOMICILIO.

Y no gane el HOMBRE la vida, como la BESTIA, con el sudor de sus fibras musculares, sino que deba su sustento á la habilidad de sus manos, á la inventiva de su inteligencia y á la fuerza de su razón.

EL POROROCA.—LAS OLAS.

I.

EL POROROCA.

El POROROCA (voz brasileña; en francés *barre de flot*, ó *barre*, ó *mascaret*; en portugués *pororoca* y *mascareo*; en inglés *bore* y *boar*; *Springwelle* y *Vorfluth* en alemán), es un súbito y formidable levantamiento de las aguas marinas en la entrada de algunos ríos á las mareas vivas de equinoccio.

Las aguas marinas en la pleamar se alzan de repente algunos metros sobre el nivel de las aguas fluviales, y rompen con asordante estrépito y fiera velocidad río arriba hasta excepcional distancia de la desembocadura.

II.

Sólo en la entrada de algunos ríos se ven estos efectos.

El fenómeno requiere:

1.º Que el río desagüe en un extendido estuario inundable en las mareas vivas.

2.º Que el estuario se angoste gradualmente.

3.º Y que también se estreche el río.

La invasión de las aguas del mar en las mareas vivas equinocciales empuja hacia tierra considerable volumen de la masa líquida por la ancha entrada del estuario; allí se agolpa la marea creciente, y el agua se levanta y acumula, por no poder caminar desembarazadamente hacia la angostura del estuario, ni mucho menos hacia la boca del río, bastante más estrecha aún. La marea, subiendo siempre, sigue desde mar adentro empujando hacia la playa el agua marina que ya ha penetrado en el interior de la tierra; y, cuando el flujo llega á la embocadura del río, el acúmulo y exceso de las aguas marinas ha adquirido ya una elevación irresistible sobre el nivel de las aguas fluviales descendentes hacia el mar; y, por tanto, el flujo como una catarata, las atropella y le pasa por encima con la furia de un torrente desatado. En el *Severn* (Canal de Bristol) el pororoca adquiere una elevación de nueve pies (en este río el agua de la marea creciente puede subir diez y ocho pies en hora y media); en el *Brahmaputra*, de doce; en el *Indo*, de nueve (y bien experimentaron los barcos de Alejandro Magno lo terrible de las mareas de este río); en la bahía de *Fundy* la elevación del pororoca excede á la del *Severn*.

La terrible catarata es particularmente colosal en el Amazonas, á la confluencia del *Ariguarí*. Durante los tres días próximos á los novilunios y plenilunios equinocciales, la marea, en lugar de invertir seis horas para ascender á su máxima altura, llega á ella en el espacio de muy pocos momentos. Entonces se ve una ola de 4 á 5^m, luego una segunda, después una tercera, á veces una cuarta, que se siguen sin interrupción, abarcando de orilla á orilla. Y en el Gua-

na y el *Capín* (cerca de *Para*) y también en el *Meary* (*Maranhao*) llegan repentinamente las tres ó cuatro intumescencias gigantescas, corriendo una tras otra con inconcebible y vertiginosa celeridad, trastornando terrenos considerables, arrancando de cuajo árboles corpulentos y destruyendo cuanto se halla en aguas de poca profundidad. Este pororoca desaparece en cuanto pasa de los parajes estrechos y encuentra mucho fondo. Los indios de aquellos parajes son los que han dado al espantoso fenómeno el nombre onomatopéyico de *POROROCA*. El *macareo* del *Sena* (que ocurre con la mayor puntualidad en los novilunios y plenilunios equinocciales) es de una imponente y majestuosa rapidez en *Quillebœuf*, donde la catarata marina, con una anchura de 10 kilómetros y una altura de 2 á 3^m, avanza con la velocidad de un caballo á escape, haciendo retroceder las aguas fluviales hacia sus fuentes, atacando el suelo, moviendo la barra, y tragándose á veces grandes extensiones de fértiles terrenos, mientras en general, y hasta en la extrema desembocadura del *Sena* mismo, en el *Havre*, en *Honfleur*, en *Berville*, el flujo, como de costumbre, va ascendiendo por grados insensibles. Un día ó dos antes del efecto máximo, el *macareo* es todavía muy de temer.

III.

¿Qué origina, pues, la periodicidad del *POROROCA*?
 ¿Cómo no se había advertido antes esa periodicidad?
 ¿Cómo las sociedades científicas de Londres y de París, que desde el siglo pasado tenían ya noticia por *La Condamine* del espantoso fenómeno en el Amazo-

nas, no habían logrado dar con la clave de los desastres que se repetían á sus puertas, ya en el *bore* del Severn y del Humber, ya en el *mascaret* del Sena y el Dordoña, ocurridos muchas veces á la luz del sol más puro, en medio de la calma más completa, en la ausencia de todo viento y de toda tempestad ni aun en los límites del horizonte, y sin que al ruido tremebundo ocasionado por la irrupción de las líquidas montañas se mezclasen las fulminaciones del rayo ni los estampidos del trueno?

IV.

El fenómeno no podía tener explicación ninguna mientras no se conoció en la ciencia más que una sola clase de ondas líquidas; y los hombres (como Lucano en su *Pharsalia* al hablar de las playas inciertas de Francia, que pertenecen unas veces á la tierra y otras veces pertenecen á la mar), se resignaban á «*la ignorancia que los dioses han querido imponer á los hombres*».

V.

Olas oscilantes y gregarias.

Todo el mundo se ha entretenido alguna vez observando con gran deleite las ONDAS que se forman en un estanque cuando un cuerpecillo cae sobre su tranquila superficie.

Todos igualmente han visto que esas ondas se extienden en círculos concéntricos y que avanzan

hasta muy lejos en el agua serena de un canal; y todos, en fin, cuando previos conocimientos tienen ya preparada ó ilustrada su observación, han echado de ver, con cierta sorpresa, que una hoja, una ramilla, un corpúsculo cualquiera flotante en aquel agua remansada, sube y baja con las ondas, pero no camina con ellas sino que permanece fluctuando en su sitio, indiferente al viaje de la undulación.

Esas undulaciones son, pues, más bien *tremor que movimiento*.

Este temblor del agua, producido por el viento, ó por un sólido al caer sobre un estanque, consiste principalmente en ascensos y descensos de las moléculas líquidas; pero de ninguna manera en transporte, translación ó viaje de las moléculas mismas.

Las moléculas, pues, en estos experimentos, por más que undulen, no viajan. Así en un campo de trigo las doradas espigas, agitadas por el viento, remedan las undulaciones de los lagos, sin separarse ninguna del lugar donde se hallan fijas sus raíces.

Así, un péndulo se mueve suspendido de un punto enteramente fijo.

Y así como, separado el hilo á plomo de su posición de reposo y equilibrio, continúa, después de suelto, oscilando largo rato, de la misma manera continúan en el agua los círculos concéntricos después de haber llegado al fondo la piedrecilla que les dió origen. El péndulo y las moléculas del agua siguen en sus oscilaciones obedientes á dos fuerzas: la perturbación que los sacó de equilibrio, y la acción de la gravedad.

El que, habiéndose embarcado por primera vez, ve venir contra el buque olas enormes, siente con sorpresa (no bastante á calmar su espantada tribula-

ción) que el buque cabalga gallardamente sobre las gigantescas oleadas; y observa, con cierta tranquilidad, que pasan en seguida por debajo y se alejan rápidamente, sin desviar de su curso á la embarcación, ni ofenderla en lo más mínimo.

*
* *

—¿Cómo es que, si está bajando la marea, las olas, sin embargo, suben por la playa?—suelen preguntar los campesinos.—¿Cómo es que el movimiento de la onda líquida es diferente y contrario al movimiento de los cuerpos? ¿Cómo la masa puede no separarse de un lugar, y moverse, sin embargo, *en ella* una undulación? ¿Será que la ola no es la que parece? ¿Es, en efecto, una ilusión óptica, una apariencia de viaje y no una realidad de translación?

En esta clase de undulaciones, pues, nunca hay ascenso de una molécula líquida, sin subsiguiente descenso de la misma; nunca descenso sin ascenso inmediato, nunca convexidad sin concavidad gemela; jamás es único, antes bien, siempre es múltiple, este agitarse de las aguas en subir y bajar continuamente; jamás se ve una intumescencia sola, ni tampoco una cavidad única; sino una GREY NUMEROSA de elevaciones y depresiones de la superficie; por lo cual esta clase de agitaciones líquidas ha recibido de *Scott Russell* el expresivo nombre de GREGARIAS. Las ondas se siguen siempre unas á otras con maravillosa regularidad: toda molécula situada en la cresta de una onda desciende de su elevada posición para volver otra vez á ella, y el tiempo que invierte en una primera undulación, es igual al que emplea en otra se-

gunda, en otra tercera y en cada una de las siguientes; y, además, ese tiempo que una molécula emplea en la oscilación, es igual al tiempo que en el mismo líquido, y en las propias circunstancias, invierte otra molécula cualquiera en su ascenso y descenso individual; de modo que, como sucede en las oscilaciones de los péndulos de UNA MISMA LONGITUD, las ondas de una MISMA AMPLITUD verifican sus ascensos y descensos en tiempos iguales é independientemente de la altura.

Su velocidad de transmisión (nótese esto bien) es independiente de la profundidad del fluido.

En la superficie de los líquidos la forma de estas ondas es la de cicloides elongadas—más ó menos—pero nunca la de la cicloide misma, porque las ondas se rompen en cuanto se acercan mucho á esta forma, que parece ser su límite.

Repitémoslo: las moléculas, pues, en estos movimientos no viajan horizontalmente por más que undulen; como en un campo de trigo las doradas espigas, agitadas por el viento, remedan las undulaciones de los lagos, sin separarse ninguna del lugar donde están aprisionadas sus raíces.

Si, pues, llamamos positivo al subir, y negativo al bajar, en toda undulación producida por el viento ó por el choque de un cuerpo sólido sobre la superficie de las aguas, tendremos siempre, durante el temblor del líquido, un período positivo y otro negativo, sucediéndose ambos rápidamente y á intervalos regulares, pero sin movimiento real de translación.

La undulación de las espigas es una fantasmagoría: la forma undular aparece, el movimiento undular existe, pero la espiga que está ahora en la cúspide de una determinada é individual undulación no es

la que estará allí en el inmediato instante, ni la que estará luego ni después mientras dure la MISMA UNDULACIÓN. El movimiento de las ondas no es de transporte de la materia líquida; sino el movimiento de un movimiento, como Russell dice con suma profundidad; es la transferencia del tremor de una molécula á la inmediata, y de ésta á la siguiente, y de la tercera á la cuarta..., *sin la transferencia material de ninguna*; es la EMIGRACIÓN DE UNA FORMA SIN LA PEREGRINACIÓN DE LA SUSTANCIA; es la transmisión de la fuerza sin el viaje del agente.

VI.

Esta clase de ondas era la única estudiada hasta que *Scott Russell* empezó en 1834 sus trabajos; de los cuales resultó que, además de las ondas oscilatorias ó gregarias en que las partículas undulan, pero no viajan, existe en los líquidos otra clase importantísima: onda *sui géneris*, diferente en su origen, sus fenómenos y sus leyes, de las ondas gregarias, vibratorias ú oscilantes, únicamente sometidas á examen hasta 1834.

VII.

Ondas de translación.

Supongamos un canal horizontal, de sección rectangular, y lleno de agua en reposo.

Si inyectamos repentinamente en él una cierta masa de agua, veremos inmediatamente producirse un fenómeno singular.

Una onda en «*alto-relieve*,» sobresaliente, una verdadera protuberancia, una gibosidad simétrica, de una perfecta regularidad, y de una convexidad enteramente lisa y sin escabrosidades, camina con rapidez sorprendente sobre el agua tranquila del canal, sin dejar tras sí cavidades ni señal alguna de su tránsito, ni presentar fenómeno ninguno por delante que anuncie la proximidad de su llegada, y sin alteración alguna en su forma, aun después de recorrer grandes espacios. En vano aguarda el observador que la gibosidad descienda al nivel del líquido, para convertirse luego en cavidad, como sucede con las undulaciones que estamos acostumbrados á contemplar en las aguas remansadas cuando un grave al caer turba su equilibrio.

Protuberancia, gibosidad, ó alto-relieve al principio; protuberancia, gibosidad ó alto-relieve continúa siendo después, y protuberancia, gibosidad ó alto-relieve permanece todavía al cabo de mucho tiempo; siempre con admirable simetría en sus contornos, siempre adelantando con velocidad uniforme en el supuesto canal de fondo horizontal, y siempre con tan tenaz autonomía y aptitud á recorrer, sin cambio ni alteración, grandísimas distancias, que *Scott Russell* hubo de calificar de extraña y singular LONGEVIDAD esa persistencia á caminar sin cambio ni modificación.

“No puedo dar mejor idea del fenómeno,—dice el mismo *Scott Russell*,—que describiendo las circunstancias en que se me apareció la primera vez. Yo estaba contemplando el movimiento de una barca por un canal estrecho, de la que dos caballos tiraban rápidamente. De pronto, habiéndose parado el barco, no sucedió lo mismo con la masa de agua que él lle-

vaba puesta en movimiento; antes bien, ésta se acumuló hacia la proa en violenta agitación; pero, enseguida, dejando de golpe á la barca tras de sí, se lanzó á caminar hacia adelante con gran celeridad, adoptando la forma de una SOLA y ÚNICA gibosidad redondeada, lisa y de contorno perfectamente determinado. La onda continuó su marcha por el canal, sin que su forma ni su velocidad pareciesen experimentar cambio ninguno. Yo la perseguí á caballo, por la orilla, y la encontré avanzando siempre con una velocidad de 8 á 9 millas por hora, y conservando todavía su figura inicial (como unós 30 pies de base y $1\frac{1}{2}$ de altura). La altura de la onda empezó luego á disminuir; y, después de haberla yo seguido todavía una ó dos millas, se me perdió en las sinuosidades y recodos del canal.,

*
* *

Lo esencial y distintivo de esta onda es, por tanto, su carácter de protuberancia móvil; su existencia enteramente en relieve, SOLA, y sin acompañamiento de otras ondas oscilatorias, y su gran longevidad y aptitud para propagarse sobre la superficie del agua remansada. Scott Russell le dió la significativa denominación de ONDA SOLITARIA, con lo cual hubo de distinguirla genéricamente de las GREGARIAS ú ondas de oscilación, en que, á una elevación del líquido sigue siempre una depresión próximamente igual, de tal manera que el agua oscila de abajo para arriba y de arriba para abajo á iguales distancias próximamente de su nivel primitivo de reposo.

VIII.

Supongamos ahora que el canal donde se halla remansada el agua sea también rectangular, pero de fondo no ya horizontal, sino suavemente ascensional.

Si inyectamos, como antes, una cierta masa de agua por la parte de más fondo, se formará también la gibosidad SOLITARIA; pero, á medida que avance hacia el extremo de menor profundidad, irá experimentando notables modificaciones.

Al partir, cuando camina sobre una gran profundidad, presenta la forma lisa, y de perfecta simetría acabada de describir; mas, con el decrecimiento de la profundidad, se va *acortando* la base de la ONDA SOLITARIA y creciendo su altura; su forma se hace cada vez más aguda; la cresta empieza á inclinarse ligeramente hacia adelante; y, en fin, cuando la profundidad del agua en el canal SE APROXIMA Á SER IGUAL á la altura de la onda sobre el primitivo nivel del agua remansada, la cresta se rompe súbitamente, deshaciéndose de pronto en espuma, y desapareciendo la perfecta lisura de la forma que hasta entonces había conservado.

La ONDA SOLITARIA no puede, pues, propagarse sino sobre una profundidad de agua algo mayor que su altura.

IX.

Con estos antecedentes podemos ya explicar los POROROCAS.

Supongamos que la marea sea una serie de ondas