

CARTA SEGUNDA.

RESPUESTA A ALGUNAS

Questiones sobre las qualidades Elementales.

1 **M**UI Señor mio: Satisfecho ya Vmd. en orden à sus dudas sobre los quatro Elementos, estiende ahora su curiosidad à las *Qualidades Elementales* que limita à *Frio* y *Calor* por tener entendido (como realmente es asi), que humedad, y sequedad, aunque en nuestras Aulas pasan por qualidades, en ninguna manera merecen tal nombre: siendo la humedad realmente una substancia, que por su esencial textura, ò composicion, y no por algun accidente sobreañadido, es humeda; y introducida en los poros de otros cuerpos sólidos y secos, los dá la denominacion de humedos; y la sequedad, no otra cosa que la mera carencia de la humedad, ò substancia humeda. Yo haré lo mismo en esta Carta, que en la pasada; quiero decir, que añadiré à las Questiones que Vmd. me propone, algunas otras, acaso no menos curiosas, y procuraré disolverlas todas lo mejor que pueda: previniendo primero à Vmd. que aunque en la solucion de estas, y otras dificultades *Physicas*, algo pone de su casa mi tal qual discurso, la mayor parte la debo à la luz, que me han dado los mas excelentes *Phylosophos* de estos ultimos tiempos. Nunca he deseado aplausos, que no merezco. Sin embargo, puede ser, que me quede salva alguna partecita de merito, aun en la doctrina agena, si acertare à proponerla con alguna mas claridad, que los Autores de quienes la derivo.

QUESTION PRIMERA.

2 ¿Por qué el Sol calienta mas la tierra en el Estío, que en

en el Invierno, y en todo el resto del año? No solo el vulgo, mas tambien innumerables de los que tienen nombre, y opinion de *Phylosophos*, padecen grave engaño en la solucion de esta duda. El vulgo señala solo una causa inadecuada; y los *Phylosophos*, queriendo completarla con otra, recurren à un principio totalmente inepto, que no puede tener en el efecto propuesto el mas leve influxo. El vulgo no conoce otra causa, que la mayor detencion del Sol sobre el Orizonte en el Estío; y no hai duda, que ésta tiene su parte en el aumento del calor, pero le falta mucho para ser causa total. Lo qual se colige con evidencia. Lo primero, de que la detencion del Sol sobre nuestro Hemispherio, en los mayores dias del año, no llega à ser duplicada de la que tiene en los menores, siendo el calor que en aquellos dá à la tierra, mucho mas que duplicado del que dá en estos. Lo segundo, de que si el aumento de calor se proporcionase à la mayor detencion del Astro sobre el Orizonte, las tierras Arcticas, que el Sol alumbra seis meses continuados, desde 21, ò 22 de Marzo, hasta 21, ò 22 de Septiembre, sin interpolacion de noche alguna, estarian en los ultimos de dichos meses calidissimas, y las aguas de aquellos mares en un grande herbor. Pero se sabe lo contrario, y mui à costa suya lo experimentó el Capitan Perry, Inglés; el qual, aunque por otra parte mui hábil, dando, como el vulgo, à la mayor detencion del Sol sobre el Orizonte, mucho mayor eficacia, que la que tiene; y haciendo sobre este supuesto la cuenta, de que en los meses de Agosto y Septiembre, por razon de haber herido ya los rayos del Sol continuadamente mas de dos meses el Mar Septentrional, estarian sus yelos enteramente desechos; y por consiguiente removido el que juzgaba unico, ò principal estorvo, para hacer por el Norte viage à la China, por el qual, tanto tiempo há, suspiran Inglaterra, y Holanda: se resolvió à tentarle, promediando el curso, de modo que llegase con su Nao al Mar Glacial à mediado de Agosto; y el resto de este mes, y todo el siguiente, le diesen espacio bastante para correr todo aquel Mar, hasta llegar por la parte del Oriente à clima menos rigido. Pero halló

lló las cosas muy diferentes de lo que había imaginado. Montañas nadantes de yelo impidieron por todas partes el curso al Bagél, y aun le pusieron en varios riesgos de hacerse pedazos con su encuentro, de modo, que al pobre Capitan le fue preciso volverse à Inglaterra, tan desengañado de su error, que decia despues, que à su parecer, aunque el Sol estubiese cien años continuados sobre aquel Hemisferio, no acabaria de derretir los monstruosos yelos que habia visto.

3 No satisfechos, pues, los Phylosophos, como en efecto no deben estarlo, con la causa expresada, añaden à ésta la mayor, ò menor inclinacion de los rayos del Sol en las diferentes estaciones. En el Invierno, por razon de la poca altura del Astro sobre el Orizonte, vienen los rayos à la tierra muy inclinados, ò con una incidencia muy obliqua: en el Estio, por la mayor elevacion del Astro, vienen mucho menos inclinados; de modo, que en los climas comprehendidos en la Zona Torrida, es la incidencia perpendicular; y fuera de ella, tanto mas se acerca à la perpendicular, quanto los climas distan menos de la Torrida, ò de la Equinocial. Quanto menos inclinados vienen los rayos, tanto mas calientan la tierra; y tanto menos la calientan, quanto es mayor la inclinacion.

4 Este principio del mayor, ò menor calor, propuesto asi generalmente, es legitimo; pero resta determinarle mas, señalando la razon por qué el Sol calienta mas, à proporcion que es menor la inclinacion de sus rayos. La que dan comunmente nuestros Phylosophos, es, que quando la incidencia de los rayos es perpendicular, ò se acerca à serlo, una misma proporcion de aire es calentada dos veces por los mismos rayos; porque como hace reflexion por la misma parte por donde vinieron, coincidiendo la linea de reflexion con la de incidencia, despues de calentar el aire al caer, vuelven à calentarle al reflexar.

5 Pero esta razon bien considerada, es inepra; porque aun en la mayor inclinacion de los rayos, no hai proporcion de aire que no sea calentada dos veces, aunque no por los mismos rayos; pero el que los rayos sean distintos, siendo la

eficacia igual, ya se vé que nada quita, ni pone en el caso. Para inteligencia de esto, considerense dos puntos *A*, y *B* en el aire, distantes uno, y otro una vara de la tierra, y distantes dos varas entre sí; colocados entrambos en un plano que se cocibe pasar por ellos, y por la parte del Sol, de donde vienen los rayos que hieren uno, y otro. Estando el Sol en la altura de quarenta y cinco grados sobre el Orizonte, es claro, que el rayo que en la incidencia hiere al punto *A*, que supongo esta hacia el Sol, hiere en la reflexion, no al punto *A*, sino al punto *B*. Este mismo punto es herido por la incidencia de otro rayo, que vino por el mismo plano; y en la misma conformidad, quantos puntos de aire se consideran en aquel plano, son calentados por la incidencia de un rayo, y por la reflexion de otro. Luego tanto los calienta el Sol, atendida esta razon sola, viendo los rayos inclinados, como viniendo perpendiculares. Esta tengo por rigorosa demonstracion Mathematica.

6 Es, pues, preciso recurrir à otro, ò otros principios. Tres han descubierto otros Phylosophos mas perspicaces, los quales conjuntos, concurren à aumentar el calor de la tierra, à proporcion que el Sol está mas elevado sobre el Orizonte. El primero es, que à dicha proporcion es cada espacio de la tierra herida de mayor cantidad de rayos: el segundo, es la mayor fuerza, con que entonces hieren los rayos; y el tercero, pasar los rayos por menos espacio de la Atmosphera.

7 Lo primero se entenderá, considerando que si de un cuerpo elevado à alguna distancia de un plano, se tiran algunas lineas rectas, y paralelas entre sí, que vayan à terminarse à dicho plano, tanto mas disgregadas llegaran à él, ò tanto mayor espacio del plano comprehenderan, quanto el cuerpo de donde vienen las luces estubiere mas desviado de la perpendicular, ò lo que es lo mismo, quando las lineas vinieren mas inclinadas al plano. En este caso estamos quanto à la Question presente. Aunque la Tierra en el todo es esferica, cada parte de su superficie, aunque comprehende muchas leguas, por razon de ser en aquel poco trecho la es-

féricidad, ò curvatura insensible, ò tal vez ninguna, se considera como un plano, que recibe los rayos del Sol; y estos, à proporción que el Sol está mas desviado de la perpendicular, ò mas baxo, respecto del Horizonte, vienen mas inclinados; de que se sigue, disgregarse mas en el terreno, ò tocar à la misma porción del plano menor cantidad de rayos, y estos, à porporción de su mayor disgregacion, calientan menos la tierra. Yo he computado el exceso de calor, que por este capitulo recibe la tierra en este País, que habito, estando el Sol en la altura Meridiana del Solsticio Estivo, respecto del que recibe en la altura Meridiana del Solsticio Hiberno, por los senos de los angulos; (que es por donde se debe hacer la cuenta) suponiendo, que la primera altura en esta Ciudad de Oviedo, es de setenta grados, y cinco minutos; y la segunda de veinte y tres grados, y cinco minutos; porque así corresponde à la elevacion de Polo de quarenta y tres grados, y veinte y cinco minutos, en que colocan los Geografos esta Ciudad; y resulta, que el exceso de aquel calor à este, es como de veinte, à poco mas de ocho.

8 Pero por el segundo capitulo, sobre el exceso señalado de calor, se añade otro igual. La razon es, porque los rayos considerados aun en la misma cantidad, hacen mas impresion, à proporción que caen mas directos, ò menos distantes de la perpendicular; y tanto menos, quanto caen mas obliquos, ò inclinados al Horizonte. Esto se exemplifica en una bola, pelota, ò otro qualquier cuerpo tirado contra un plano, que tanto menos impresion hace en él, quanto se tira mas al soslayo. Aquellas piedras, que los muchachos, por diversion, disparan mui sesgadas contra el agua, resaltan de ella; porque yendo tan obliquas, no tienen fuerza para romperla. En el *tom. 5, disc. 12, num. 17* probamos, que la luz tiene fuerza impulsiva, y en efecto esta fuerza impulsiva es la que calienta, poniendo en movimiento las partes insensibles de los cuerpos. Con que, quanto mas directos los rayos, hacen mas impresion en la tierra, y menos, quanto vienen mas obliquos. Este exceso, colocado tam-

tambien en la mayor altura Meridiana del Sol en el Solsticio Estivo, en orden à este País, da el mismo exceso de calor, comparado à el que recibe de la altura Meridiana del Sol en el Solsticio Hiberno, que el que el que he calculado arriba, por la mayor cantidad de rayos. Con que junto uno con otro, el calor que este País recibe del Sol en el Solsticio Estivo, excede al que recibe en el Hiberno, quanto excede el numero quarenta al de ocho, y poco mas.

9 Es verdad, que Mr. de Mairán, Phylósofo profundo, de la Academia Real de las Ciencias, hizo una reflexion, que al parecer desbarata el fundamento del calculo que se ha hecho en orden à la fuerza de los rayos; y es, que qualquiera porción que se tome de la superficie de la tierra, no puede considerarse como un plano seguido, y uniforme, porque realmente no lo es; sino una coleccion de innumerables planos diferentemente inclinados, y que reciben los rayos del Sol debaxo de todos los angulos posibles. En la plana mas igual, las arenas, las partículas de tierra, las hierbas, &c. tienen innumerables posturas diferentes; de modo, que no es dudable, que muchos de estos cuerpecillos, aun en el Solsticio Hiberno, por alguna de sus caras reciben los rayos del Sol perpendiculares, y muchos mas con poca inclinacion. Al contrario, en el Solsticio Estivo, estos mismos reciben por algunas de sus caras los rayos mui inclinados, ò en angulos mui agudos. Luego el cómputo que se hace de la mayor, ò menor fuerza impulsiva de los rayos, por su menor, ò mayor inclinacion, estriva en un fundamento de mera apariencia.

10 Pero el mismo Mr. Mairán socorrió aquel cómputo vacilante con un suplemento à sus faltas, ingeniosa, y solidamente discurrido. Es regla general, y que nadie ignora, que quanto un cuerpo recibe por algun lado mas directamente, ò con menos obliquidad rayos de qualquiera Luminar, tanto mayores sombras arroja por la espalda. Pues vé aqui compensado con una perfecta equivalencia el defecto objetado al calculo. Aquellos cuerpecillos que por una cara reciben en el Invierno con poca, ò ninguna obliquidad

los rayos Solares, à proporcion arrojan mayores sombras en el terreno donde yacen: con que quanto aumentan el calor por el primer capitulo en el todo del terreno, le disminuyen por el segundo. En efecto, qualquiera puede observar, que quando el Sol, estando muy baxo, respecto del Orizonte, hiere algun plano arenoso, resulta en él una mezcla de luces, y sombras; pero donde son mucho mayores las sombras, que las luces: y al contrario, quando el Sol está muy alto, parece que el mismo sitio está todo en fuego, ò bañado de una lumbré continuada.

11 El tercer capitulo de desigualdad de calor en las dos estaciones, es el mayor, ò menor espacio de Atmosphera que penetran los rayos. Es claro, que quanto está mas baxo el Sol, tiene mayor espacio de Atmosphera que penetrar; por consiguiente encuentra mayor numero de particulas, que interceptan sus rayos, los reflexan, ò quiebran. Con que tambien por este capitulo se disminuye en el Invierno el numero de rayos que llegan à la tierra. Pero la aumentacion, ò diminucion de calor, que proviene de este principio, no puede reducirse à un calculo justo, como la que pende de los dos antecedentes.

12 Concluyo esta célebre Qüestion, advirtiendo, que aunque arriba dixé que el Vulgo no conoce otra causa del mayor calor en el Estío, que su mayor detencion sobre el Orizonte, aquello se debe entender de causa que realmente lo es. Pero fuera de aquella, juzga el Vulgo que hai otra, que ni lo es, ni puede serlo. Piensa, digo, que contribuye à la aumentacion de calor en el Estío, estar el Sol mas cerca de nosotros, que en el Invierno, concibiendo groseramente, que en aquella declinacion succesiva que va haciendo hacia las partes Australes, pasando de nuestro Trópico al otro, al paso que se va minorando la duracion del dia, se vá succesivamente alexando de nosotros; y al contrario, se nos vá acercando quando del otro Trópico se restituye al nuestro. Pero este es un error de tal tamaño, que antes sucede todo lo contrario; siendo cosa constante en la Astronomia, que la mayor cercanía del Sol à nosotros, cae à los

finés de Diciembre, que es quando está en su *Perigéo*: y su mayor distancia à los finés de Junio, que es quando está en el *Apogéo*: y esta mayor distancia es, segun los Astrónomos modernos, cerca de un millon de leguas. Con todo, hace poquísimo, ò casi nada, para aumentar, ò disminuir el calor esta diferencia de distancias; porque un millon de leguas no llega à ser la trigesima parte de la menor distancia del Sol à la tierra.

QUESTION SEGUNDA.

13 ¿Qué dias del año son los de mayor calor, y mayor frio? Parece que de lo resuelto en la Qüestion antecedente se debe deducir, que por lo comun el mayor frio se experimentará en el dia del Solsticio Hiberno, y el mayor calor en el dia del Solsticio Estivo, y à proporcion en los dias inmediatos antecedentes, y subsiguientes à uno, y otro Solsticio. Pero realmente no es así. En la Historia de la Academia Real de las Ciencias lei, que por observacion experimental de treinta años, hecha en París, se halló que por lo regular, ni el mayor frio, ni el mayor calor se sienten en los dias de uno, y otro Solsticio, sino quarenta dias despues de uno, y otro. He dicho por lo regular, porque por varios accidentes de la Atmosphera sucede à veces hacer mas frio en tales, ò tales dias de Noviembre, y Marzo, que en algunos de Enero.

15 Podrá replicarseme, que la experiencia de París no infiere, que suceda lo mismo por acá; porque acaso en diferentes climas habrá particularidades, que induzcan en esta materia grandes variaciones. Pero repongo lo primero, que la causa (luego la señalarémos) es general à todos los climas, y así en todos se debe seguir el mismo efecto. Repongo lo segundo, que las observaciones que yo he hecho en todos los sitios que he habitado, se conforman con la de París. He experimentado lo primero, que muy rara vez hace gran frio en el tiempo del Solsticio Hsberno. Lo segundo, que comunisimamente los mayores frios vienen en todo el mes

de Enero. Lo tercero, que nunca en el Solsticio Estivo se experimenta el mayor calor del año. Lo quarto, que los mayores calores comunisimamente se sienten en el mes de Julio.

15 La razon de suceder esto, no es que el Sol, en tal dia de Julio, v. g. el dia quince, caliente mas, que el dia veinte y dos de Junio; antes se debe creer, que calienta menos, porque ya sus rayos vienen mas obliquos. Pero aunque el Sol calienta menos, la tierra se calienta mas. Esta Paradoxa se descifra facilmente, advirtiendo que à la tierra siempre queda de un dia para otro algun residuo de calor, que antes le dió el Sol; y este residuo, en el tiempo en que son cortas las noches, es considerable: porque la frescura de la noche, siendo corta, disminuye poco el calor que la tierra tenia al fin del dia antecedente. De este modo se vãn sucesivamente agregando mas, y mas grados de calor, desde mediado Mayo, pongo por exemplo, hasta primero de Agosto. Podemos considerar, que à este plazo, poco mas, ò menos, han crecido las noches lo bastante para refrescar la tierra otro tanto como el Sol la calentó el dia antes, cuyo equilibrio sensiblemente durará algunos, aunque pocos dias. Mas de ahí adelante refrescará la noche mas que calentó el Sol, y de este modo, agregandose grados de frio unos sobre otros, como antes los de calor, se vá enfriando la tierra mas, y mas hasta fines de Enero, ò poco mas ò menos. Esto se percibirá bien con el exemplo de uno, que teniendo la mano fria, la acerca bastantemente al fuego. Es cierto que siendo el fuego igual, y la distancia la misma, tanto calienta la mano en el primer momento, como en el segundo, quarto, ò vigesimo; con todo, la mano siente mucho mas calor en el vigesimo, que en el primero, porque vá reteniendo algo del calor que recibió en los momentos antecedentes, cuyo agregado, junto con el que vá recibiendo de nuevo, vá haciendo sucesivamente el calor mas, y mas intenso.

16 Esta doctrina, aunque en lo general verdaderisima, admite en lo particular algunas modificaciones por las va-

rias

rias combinaciones de los principios, que concurren à aumentar, ò disminuir el calor.

QUESTION TERCERA.

17 ¿Calienta algo la Luna? Respondo. Inclíneme à la parte negativa en el *primer Tomo del Teatro, disc. 9. n. 6.* ahora estoi inclinado à la afirmativa; aunque no se puede negar, que el calor que viene de la Luna, si viene alguno, es, respecto de nosotros, totalmente insensible.

18 Fundome lo primero, en que la luz, como supongo ya probado en el lugar que cité arriba, tiene fuerza impulsiva: luego motriz: luego dá alguna agitacion à las partes insensibles de los cuerpos: luego calienta; pues aquella agitacion, segun los Modernos, es el constitutivo del calor; y segun los Antiguos, causa de él. La luz de la Luna llega à nosotros: luego nos calienta algo. Fundome lo segundo, en que la luz de la Luna es la misma del Sol, reflexada en ella: la luz del Sol calienta: luego tambien la de la Luna: si se respondiére, que se reflexa la luz, mas no el calor; opongo, que no solo es reflexable la luz del Sol, mas tambien el calor: como en efecto acá en la tierra nadie duda que se reflexan uno, y otro. ¿Pues por qué no en la Luna?

19 Fundome lo tercero, en que no hai motivo para negar el calor à la luz de la Luna; pues el unico que se alega es, que no se siente: y esto nada prueba; porque generalmente siempre que la impresion, que qualquiera objeto hace sobre nuestros cuerpos, es levisima, no la percibimos. Yã en la Carta pasada hablé algo de esto.

20 Pero resta la dificultad de la experiencia hecha en el *Espejo Ustorio*, en cuyo foco, como dixé en el lugar citado del *primer Tomo, disc. 9. n. 6*, reflexados los rayos de la Luna, no producen calor sensible; y parece, que si sus rayos tubiesen algun calor, por débil que fuese, congregandose tantos en aquel breve espacio, no podrian menos de hacerle sentir. Respondo lo primero, que acaso el Autor que

C 2

dió

dió noticia de aquella experiencia, habló hiperbolicamente, tomando calor poco sensible, por calor insensible. Respondo lo segundo, que acaso también habló, no absoluta, sino respectivamente al calor, que producen los rayos del Sol, reflexados en el mismo foco, respecto de cuya suprema sensibilidad se puede decir, que es ninguna la del calor, (aunque absolutamente algo sensible) que producen los rayos de la Luna. Respondo lo tercero, que como nadie sabe, ni puede saber el último término, hasta el qual puede disminuirse el calor, sin perder enteramente su ser, nadie tiene fundamento para negar que el de la Luna pueda ser tan tenue, que aun congregados sus rayos por el Espejo Ustorio, no llegue à ser perceptible.

QUESTION QUARTA.

21 ¿Calientan también las Estrellas? Del argumento que hice arriba por la fuerza impulsiva de la luz, se sigue que sí. Se sigue también, que un fuego que vemos arder à dos, ò mas leguas de distancia, nos calienta algo. Y aunque uno, y otro se hace arduísimo, suponiendo, como se debe suponer, la ignorancia del último término de la remisión de las qualidades, y que la falta de percepción no infiere la carencia total del calor, me parece puedo desafiar à todo el Mundo à que me pruebe eficazmente lo contrario. Muchos, y muy clásicos Phylososofos reconocen algo de calor recibido en el yelo; porque si no le tubiese, ni se derretiria, ni se evaporaria. Donde advierto, que el yelo, aun en las noches mas frias, está humeando continuamente; lo que se ha conocido con varios experimentos en la diminución de su peso.

QUESTION QUINTA.

22 Dán algunos à los que se vén precisados à viajar en dias muy calurosos el consejo de que pongan estendido sobre el sombrero un pliego de papel, diciendo, que con esta diligencia no hiere tanto el Sol. ¿Es cierto esto? Respondo

y.

y ciertísimo. Siendo muchacho oí esto, y hice burla de ello. Quando llegué à saber algo de Phylosofia, à poca reflexion conocí, que no podia dexar de ser, y la experiencia me confirmó en el asenso. El efecto dicho se sigue necesariamente à la mayor reflexion que padecen los rayos Solares, hiriendo en qualquiera superficie blanca; esto es, que son pocos los rayos que penetran adentro, y los mas resaltan hácia afuera. El hecho es notorio, no solo à todos los Phylososofos, mas aun à muchos que no lo son. A la reflexion de los rayos es consiguiente preciso la reflexion de calor, que tienen, y así es mucho menos el calor que comunica el Sol à un cuerpo, que le recibe en una superficie blanca, ò penetra mucho menor porción de calor à un cuerpo blanco, que à otro de distinto color.

23 Quien quisiere, fuera de toda duda, certificarse de la mucha resistencia, que hace el color blanco à la penetración de los rayos del Sol; y al contrario, con cuánta facilidad se dexa penetrar de ellos el negro, no tiene mas que hacer el siguiente experimento, que yo hice algunas veces en presencia de varios sugetos que lo admiraron, por su ignorancia en las cosas phisicas. Tome uno de estos pequeños vidrios Ustorios, de que hai por acá bastantes en anteojos de cortos de vista, y pongale al Sol, de modo, que sus rayos, penetrando el vidrio, vayan à herir un papel blanco colocado en el punto del foco. Verá que tarda un buen rato en prender fuego en él. Moxe despues otro papel con tinta, y así moxado, presentelo en el mismo foco: con toda la humedad que tiene el papel, le quemará mucho mas presto el Sol, que al papel blanco, y seco.

24 Lo mismo sucede con un trapo de lienzo seco, y otro bañado de tinta. Aunque aquel no resiste tanto, como el papel blanco, (por no hacer tanta reflexion, à causa de no ser tan terso) resiste mas, que el trapo moxado con tinta. Así, no solo el pliego de papel, acomodado sobre el sombrero, es util para defender del Sol, mas también un lienzo blanco. Y quanto mas blancos sean, así el papel, como el lienzo, tanto mas defenderán. Fundado en esta Phisica experimental,

Tom. I. de Cartas.

C3

ren-