MEMORIAS DEL OBSERVATORIO DEL EBRO

N.° 7

¿INFLUYE LA LUNA EN EL TIEMPO?

ESTUDIO ESTADÍSTICO

POR

LUIS RODÉS, S. J.

TORTOSA

IMPRENTA MODERNA DE ALGUERÓ Y BAIGES

1937

RÉSUMÉ

L'objet de ce travail a été de chercher l'influence de la Lune sur les phénomènes de notre atmosphère. Dans ce but nous avons considéré d'un côté la distance à la Terre de notre Satellite, sa déclinaison, ses phases et son passage au méridien; et de l'autre, la pression atmosphérique, la pluie, les nuages, le vent et la température. Les statistiques employées s'étendent à une période de 20 années, et dans quelques cas particuliers de 30.

Pour voir jusqu'à quel point l'influence du hasard est à craindre dans les résultats, nous avons étudié parallèlement les données numériques correspondantes à des suites de jours semblables à celles que nous avons utilisé dans notre étude, mais en les choisissant de sorte que leur ordre de groupement soit tout à fait arbitraire et sans le moindre rapport à une cause physique naturelle quelconque; par ex., en prenant d'un côté les jours pairs et d'autre les impairs, ou en groupant séparément les quatorze premiers jours de chaque mois (du 1.er au 14) et les quatorze suivants (du 15 au 28). Dans ces conditions on a pu constater que lorsque le nombre des données était supérieur à 3,000, la dispersion des valeurs moyennes attribuable au hasard était pratiquement nulle: ce qui constitue un excellent point d'appui pour conclure à la réalité des conséquences affirmatives concernant les effets dus à l'action de la Lune.

Influence de la déclinaison.—La quantité totale de pluie (5,046 mm.) tombée à l'OBSERVATOIRE DE L'EBRE pendant les 3,600 jours des années 1910-29 à déclinaison lunaire positive surpasse du 20 % celle tombée pendant le même nombre de jours à déclinaison lunaire négative (4,206 mm.). Cette prédominance se maintient quand on classe les jours en de petits groupes d'après la variation de la déclinaison lunaire positive et négative de 5° en 5°.

Quant au nombre des jours pluvieux il a été respectivement 840 et 775, avec un excès du 8'4 % quand la Lune se trouvait au Nord de l'Equateur.

Si l'on divise en deux moitiés la suite étudiée de 20 ans, l'excès de la quantité et de la fréquence de la pluie dans les jours à déclinaison lunaire positive, continue à se manifester dans chacune des deux parties; et cela arrive également, pour ce qui regarde la quantité d'eau tombée, dans 13 cas contre 5 et 2 cas indéterminés, quand on prend comme unité l'année ou ensemble de 13 lunaisons.

Influence de la distance de la Lune à la Terre.—Pendant 1,320 jours choisis simétriquement avant et après le périgée, la quantité de pluie excède du 17 % celle tombée dans le même nombre de jours centrés autour de l'apogée.

Cet excès étant encore inférieur à celui que l'on pourrait craindre du hasard, dans une deuxième statistique, au lieu de 5 comme dans la précédante, on a pris 11 jours autour du périgée et autant autour de l'apogée, ce qui fait en tout 2,904 jours pour chaque groupe. Loin de diminuer, comme il arriverait s'il était dû au hasard, l'excès monte jusqu'au 23 %, ce qui dépasse de beaucoup celui observé dans les groupements du même nombre de jours choisis d'une façon arbitraire.

La différence devient encore plus forte et atteint le 73 %, si l'on compare séparément l'ensemble formé par les groupes des 5 jours suivant immédiatement le périgée. Dans ce cas la fréquence de la pluie dans les jours après le périgée présente aussi un excès du 9'5 %.

Influence simultanée de la déclinaison et de la distance.—Une fois connu le sens de l'action de ces deux éléments, on a cherché dans les éphémérides astronomiques des années 1910-34 les jours (363 en tout) auxquels le périgée coïncidait avec une déclinaison positive supérieure à +10° et on a comparé la quantité de pluie tombée dans les mêmes à celle ramassée pendant le même nombre de journées, mais avancées de quatorze dates, quand l'apogée coïncidait avec une déclinaison négative supérieure en valeur absolue à —10°. L'on a trouvé que la première était plus du double de la seconde. Cette statistique ayant été étendue aux données des stations pluviométriques de Marseille, New-York, Paris et Potsdam, l'excès d'ensemble atteint le 29 %.

Influence des phases.—On constate bien un petit excès de pluie aux environs de la pleine Lune; mais il reste dans l'ordre de la dispersion attribuable au hasard, ce qui nous empêche d'en tirer une conséquence définitive. Pourtant l'excès de nébulosité trouvé pour la même époque donne à la realité de cet effet assez de probabilité.

Influence de l'heure lunaire.—La courbe réprésentative de la distribution diurne de la pluie d'après l'heure lunaire, dessinée avec les données d'environ 11,000 jours (1905-34), présente deux maximums bien définis, qui répondent assez bien aux passages supérieur et inférieur de la Lune au méridien local. Ces maximums apparaissent encore plus fortement quand on considère séparément la pluie des six mois Mai-Octobre à régime d'été prédominant. De même que dans les cas précédants l'empreinte de l'action de la Lune se laisse remarquer davantage sur la quantité de pluie que sur la fréquence.

Comme une explication probable de cette action de la Lune sur notre atmosphère, l'on peut signaler l'effet de marée, lequel lorsqu'il deviendrait plus intens remuerait des plus grandes masses d'air à des températures différentes et favoriserait de la sorte par leur mélange la précipitation aqueuse. On pourrait encore penser, bien qu'à un dégré inférieur, à la plus grande intensité de la radiation lunaire, laquelle ioniserait davantage l'air et augmenterait de la sorte le nombre des noyeaux de condensation.

Aucune trace d'une influence de la Lune sur la température a été trouvée, ce qui d'ailleurs était déja à prévoir.

Quant à la pression, les variations observées autour des phases et par rapport à la distance et à la déclinaison lunaires restent dans l'ordre des erreurs d'observation, de sorte qu'il n'est pas possible d'en tirer une conséquence; le passage au méridien donne, au contraire, une variation qui parait tout à fait réelle. Finalement pour ce qui regarde le parcours moyen du vent par jour, il faut remarquer qu'il est sensiblement plus petit aux environs de la Pleine Lune et que la déviation observée dépasse de beaucoup celle resultant de la comparaison des jours pris au hasard.

Comme but secondaire de ce travail nous tâchions de chercher si la croyance populaire d'après laquelle les changements de lunaison exercent une certaine influence sur les changements de temps était ou non confirmée par les données de l'observation. Le résultat a été tout à fait négatif, et s'il y a quelque discontinuité dans le régime météorologique, celle-ci se trouve plutôt aux environs de la Pleine Lune qu'à ceux de la Lune Nouvelle.

L'auteur sera très reconnaissant à tous ceux qui voudront bien lui fournir des donées sur la pluie locale dans les jours autour du perigée et de l'apogée, qui ont servi de base aux statistiques employées dans ce travail.

RESUM

La finalitat del present treball ha estat investigar la influència de la Lluna en els fenòmens de la nostra atmósfera. Les variants llunars considerades son: la *distància*, la *declinació*, la *fase* i el *trànsit pel meridià local;* i els meteors escollits: *pressió, pluja, núvols vent* i *temperatura*. Les estadístiques comprenen 20 anys, i, en alguns casos, 30.

Per a determinar l'abast del factor contingència s'han agrupat valors corresponents a dies del mes, l'ordre dels quals no respon a cap causa física real, i s'ha trobat que, quan el nombre de dades és superior a tres mil, la dispersió dels promitjos, fets a base dels primers i dels segons catorze dies, o bé del dies parells o senars, és pràcticament nul·la, i aquest resultat constituiex el fonament de les conclusions afirmatives respecte de l'efecte llunar.

Comparada la quantitat de pluja, 5,046 mm., caiguda durant els 3,600 dies en els quals la *declinació* fou positiva, amb la corresponent als 3,600 dies que la declinació fou negativa, 4,206 mm., resulta que a l'Observatori de l'Ebre la primera quantitat sobrepassa la segona en un 20 %; el predomini de precipitació amb declinació positiva es verifica aixi mateix si tant les dades amb declinació positiva com les dades amb declinació negativa es subdivideixen en grups isolats de cinc en cinc graus. El nombre de dies plujosos és, respectivament, 840 i 775, amb un excés de 8'4 % quan el nostre satèl·lit està al nord del equador. Dividint el periode de 20 anys en dos decennis, en cada un d'ells es manté l'excés i freqüencia de pluja quan la declinació és positiva; si es pren com unitat l'any o grups de 13 llunacions, l'excés de pluja, pel que respecta a la quantitat, es verifica 13 anys contra 5, i 2 anys pràcticament amb el mateix promig.

Distribuïda la pluja tenint en compte la *distància* de la Lluna, el resultat dóna, en les 1,320 dates agrupades al voltant del perigeu, un excés del 17 % respecte d'un nombre igual de dates al voltant del apogeu; com que aquest excés és encara inferior al que es pot esperar de l'atzar, en una segona estadística s'han pres 11 dies al voltant del perigeu i altres tants al voltant de l'apogeu (2,904 dates a cada grup); l'excés, en lloc de minvar, com era d'esperar si hagués estat efecte de la casualitat, ha pujat fins a un 23 %, molt superior al que donen grups d'igual nombre de dies escollits a l'atzar; la diferència s'accentúa encara molt més i arriba a un 73 %, si es trien els 5 dies següents al perigeu (1,320 dates), i es comparen amb els 5 dies següents a l'apogeu; en aquest cas, la freqüència de dies plujosos és també un 9'5 % més elevada després del perigeu Dels 31 promitjos corresponents als dies del mes, no és possible, encara que sigui triant-los, integrar dos grups d'igual nombre de sumands seguits, la diferència dels quals sigui comparable, ni de molt, a la diferència trobada per als grups de cinc dies immediatament després del perigeu i apogeu.

Conegut el sentit en el qual les dues variants llunars, declinació i distància, actúen respecte a la pluja, s'han triat a les Efemèrides Astronòmiques, durant el periode 1910-1934, aquelles dates, 363 en conjunt, en les quals el perigeu coincidía amb declinació positiva de la Lluna superior a 10°, i s'ha trovat que la quantitat de pluja recollida en aquestes dates era més del doble de la recollida en dates avançades de 14 dies, quan la lluna es trobava a la distància màxima i amb declinació negativa. Aquesta estadística s'ha extès a les estacions pluviomètriques de Marsella, Paris, Potsdam i New-York. i el excés trobat és, en conjunt, de 29 %.

Respecte a la influència de la *fase*, si bé hi ha un excés de pluja al voltant de la Lluna plena, aquest excés roman dins dels límits de la dispersió deguda a l'atzar i no permet treure'n una conclusió definitiva; la major nuvolositat, però, trobada per a les mateixes dates, fa probable que l'efecte sigui real.

La corba de la distribució diurna de la pluja segons *l'hora llunar*, integrada per les dades d'un periode d'onze mil dies (1905-1934), posa de manifest dos màximums ben definits, que reflecten el trànsit superior i inferior de la Lluna pel meridià local; aquests dos màximums són molt més marcats quan es consideren separadament les plujes dels sis mesos, maig-octubre, en els quals predomina el règim estiuenc; la influència de la Lluna en la pluja repercuteix més en la quantitat que no pas en la freqüència.

Com a probable explicació de la influència llunar, s'assenyala l'efecte de marea, que, en ésser més intens, remou major quantitat de masses d'aire de temperatura diferent, i afavoreix la precipitació en barrejar-les. També és possible que hi intervingui, encara que en grau molt inferior, la major intensitat de la radiació llunar, ionitzant l'aire i augmentant el nombre de nuclis de condensació.

De la influència de la Lluna en la temperatura, com era ja de preveure, no se n'ha trobat res; en quant a la pressió, les variacions trobades al voltant de les fases són del mateix ordre que els errors d'observació, sense que sigui possible treure'n cap conseqüència; sembla, en canvi, real la variació deguda al trànsit de la Lluna pel meridià local. El recorregut diari del vent és marcadament inferior a les dates al voltant de la Lluna plena, amb una desviació que sobrepassa molt la obtinguda en comparar dates a l'atzar.

Una altra finalitat d'aquest mateix treball ha estat la de comprovar si, de conformitat amb la creència vulgar, els canvis de Lluna influíen en els canvis de temps; el resultat és del tot negatiu, i, si alguna discontinuitat es manifesta en el règim meteorològic imperant, aquesta és precisament més accentuada al voltant de la Lluna plena que no de la Lluna nova.

L'autor agrairà se li trametin valors de la pluja local en les dates seleccionades de perigeu i apogeu que han servit de fonament a les estadístiques d'aquest treball.

Introducción

Doble es el aspecto que puede presentar un trabajo sobre la influencia de la Luna en los fenómenos de nuestra atmósfera: uno bibliográfico, que verse sobre la copiosísima literatura dedicada a este tema (1), y otro de investigación independiente que, de una manera sintética y durante un período de tiempo suficientemente largo, relacione todas las variantes lunares con el régimen de tiempo imperante en una localidad determinada, para establecer o excluir, según los resultados, su mutua dependencia; nosotros nos limitaremos a este último aspecto del tema y a las estadísticas del OBSERVATORIO DEL EBRO, con la esperanza de que nuestras conclusiones, por su extensión y homogeneidad, sean aceptadas por los meteorólogos, o contribuyan, por lo menos, a la solución definitiva del problema.

No hemos de ocultar que en el campo científico se considera, en general, desprovista de fundamento la opinión, tan arraigada en el vulgo, que atribuye a nuestro satélite un influjo preponderante sobre las variaciones atmosféricas; y el argumento comúnmente aducido para no admitirlo, además del resultado incierto de muchas estadísticas, estriba en que la Luna, en su fase y distancia, es la misma para todas las regiones del globo, mientras que el régimen de tiempo imperante, en un día determinado, es, generalmente, de lo más heterogéneo: sol, viento, lluvia, nublado, despejado, etc.; de suyo, no obstante, este argumento no es convincente, ya que también el Sol es el mismo para todo el planeta, aun cuando en él hay que buscar la última causa de las perturbaciones atmosféricas; y es que, con ser el Sol el mismo para toda la Tierra, cambia su declinación o, lo que es lo mismo, la inclinación de sus rayos sobre regiones determinadas del globo, variante de la que participa también la Luna. Provocada ya, y en marcha una perturbación atmosférica, ésta puede ser modificada por un sinnúmero de causas accidentales, como son el relieve del suelo, la altura y orientación de las montañas y cordilleras, la presencia de lagos y mares, las corrientes aéreas preexistentes, y otra multitud de factores que, con el giro del planeta, pasan sucesivamente por delante del Sol y hacen más y más complejo su primitivo influjo; lo mismo es, pues, posible que suceda con las perturbaciones originadas por la Luna, las cuales, teóricamente y a semejanza de la acción sobre la marea, parece no pueden menos de existir.

Nosotros, al emprender este trabajo, hemos de confesarlo, confiábamos más en llegar a una prueba definitiva de que la huella de la acción lunar no podía ponerse de relieve en las estadísticas meteorológicas, que no en presentar un argumento, a nuestro entender, definitivo en favor de la tesis contraria, o sea en pro de un influjo real; pero, en el transcurso de nuestra investigación, hemos tenido que cambiar de criterio por las razones que verá el lector.

Hay que convenir, desde luego, en que ha de resultar mucho más difícil poner de relieve el influjo de la Luna que no el del Sol, ya que éste (prescindiendo de su actividad variable en un período medio de 11 años, de que ahora no tratamos) no tiene más variante de importancia que la declinación y paso por el meridiano, mientras que en la Luna varía la declinación, la distancia, la separación angular respecto del Sol que regula su fase, y la hora de su

---

(1) Baste citar aquí el n.º 106 de la Revista *La Météorologie* (enero 1934), con la publicación de la erudita e interesante conferencia del General Delcambre, «Les Dictions Populaires et la Prévision du Temps», y *Beiträge zur Geoph.*, t. 12, año 1913, p. 528 y sig., «Der Einfluss des Mondes auf das Wetter», por Gotthold Wagner, Göttingen, trabajo sintético, con extraordinaria copia de datos bibliográficos.

paso por el meridiano local; además, ninguna de las variantes tiene el mismo período, sino que, al contrario, por ser su duración, en las tres primeras por lo menos, casi igual, sus fases andan siempre muy desplazadas y el estado de interferencia es poco menos que continuo; los períodos son:

De *fase a fase* (revolución *sinódica)*, entre dos posiciones idénticas de la Luna con respecto del Sol, 29'5 días; más exactamente, 29 días $12^h\ 44^m\ 3^s$.

De *Perigeo a Perigeo* (mes *anomalístico)*, entre dos distancias iguales de la Luna con relación a la Tierra; este período es algo menor, 27'5 días, ó 27 días $13^h\ 18^m\ 37^s$.

De *nodo a nodo* (revolución *draconítica)*, que regula su posición respecto del ecuador terrestre, y es todavía más corto, 27'2 días ó 27 días $5^h\ 5^m\ 36^s$.

Estos tres períodos, sujetos a fuertes perturbaciones, tienen como mínimo común múltiplo (suficientemente aproximado) el período llamado de los *Saros,* 18 años, 11 días y 8 horas, ó 6,585'6 días, que equivalen a 223 revoluciones sinódicas, 239 revoluciones anomalísticas y 242 revoluciones draconíticas; pero, ni siquiera al cabo del período de los Saros, se repiten las mismas condiciones en la posición de la Luna con respecto a una región determinada de la Tierra, ya que la órbita lunar va cambiando paulatinamente su orientación en el espacio, debido al movimiento de regresión de los nodos a lo largo de la *eclíptica*, y es causa de que el ángulo que forma este plano con el de la órbita lunar, unas veces se sume y otras se reste al que forma con el ecuador terrestre, de suerte que la declinación de la Luna puede variar entre $+28°$ y $-28°$, cuando la posición de la órbita es tal que los ángulos 23° y 5° se suman respectivamente, y entre $+18°$ y $-18°$ cuando se restan; los nodos dan una revolución completa en algo más de 18 años y medio, y este es el nuevo período, medio año más largo que el de los Saros, que interviene en la declinación lunar respecto de una región determinada del planeta. Así los límites de la variación en la declinación lunar, que fueron $-25°\ 59'$ y $+26°\ 4'$ para la lunación de febrero de 1910, no volvieron a ser los mismos hasta el agosto de 1928; pero, al comparar fechas de estas dos lunaciones, cuya declinación sea igual, se observa que en la primera corresponden a Luna llena las mismas que en la segunda corresponden a Luna nueva; esto prescindiendo de que, por lo que toca al período anual, unas caen en pleno invierno y las otras en pleno verano. La combinación de ambos períodos nos lleva, aun tomándolos solamente aproximados, a una duración de siglos, a la que ciertamente no se extienden las estadísticas fieles con que cuenta la Meteorología (1).

Si cada variante lunar ejerce un influjo en un sentido determinado, es natural que el efecto de una de ellas pueda neutralizar el de otra, cuya fase sea opuesta; esto, unido a la semejanza de los períodos, explica las dificultades con que ha de tropezar el análisis armónico para ponerlo de relieve en una serie continua de valores sucesivos (2).

Nosotros, partiendo de la duración conocida de los diferentes períodos, hemos sumado valores homogéneos con relación a dos fases opuestas de una misma variante, para ver si en los promedios apuntaba una tendencia en determinado sentido; una vez averiguado éste, hemos agrupado de nuevo los valores correspondientes a las fechas en que dos o más variantes se hallaban en la misma fase, comparándolos con los obtenidos en las fechas en que estas mismas variantes coincidían en producir un efecto en sentido contrario; de existir un influjo real, la diferencia en los promedios de ambos grupos de valores debía, naturalmente, ser mayor.

Conviene tener presente, asimismo (y en esto insistiremos más adelante), que es muy posible que el influjo lunar no actúe *simultáneamente* en igual sentido ni produzca oscilaciones de la misma amplitud en las diferentes regiones, no sólo del globo, pero ni siquiera de

---

(1) El período *lunisolar* de 744 años (combinación de 9,202 revoluciones sinódicas, 9,946 tropicales, 9,986 draconíticas, 9,862 anomalísticas, 40 revoluciones del nodo ascendente en la órbita lunar, y 67 períodos de actividad solar) con sus armónicos de 372 y 186 años, ha sido estudiado de una manera particular por l'Abbé Gabriel y aplicado por él mismo a alguna predicción afortunada. (Véase *Comp R. 181*, p. 22, año 1925 y *Manual of Meteorology* por *Napier Shaw*, Vol. II, p. 319 y 327).

(2) Como advierte muy bien M. J. Zegrand en su respuesta a la *Enquête sur les périodicités*, planteada por la revista *La Météorologie*, 1936, el éxito obtenido al aplicarlo al cálculo de las mareas, cuya causa tiene un período perfectamente determinado, ha introducido el análisis armónico *a tout propos et même hors de propos.*

un mismo hemisferio, lo que tampoco sucede con el influjo del Sol, ya que ciñéndonos, por ejemplo, a la lluvia, los valores máximo y mínimo de la curva anual no corresponden a las mismas fechas, sino que aparecen más o menos desplazados y con amplitudes muy variadas, según la latitud y condiciones locales; esto es, los máximos y mínimos de cada localidad se presentan en fechas que difieren mucho en cuanto a la declinación del Sol sobre el ecuador. Nada tendría, pues, de extraño pasase lo mismo con la Luna, cuyo influjo podría asimismo adelantarse o retrasarse, según las diversas regiones.

Para nuestro caso, el período de revolución lunar alrededor de la Tierra debe equipararse al de revolución de la tierra en torno del Sol, y así como nadie dudará de que 250 años son más que suficientes para establecer la curva anual o el influjo del Sol en las estadísticas meteorológicas, así creemos que 250 períodos lunares han de bastar, también, para poner de relieve en las mismas, caso de que exista, el influjo de nuestro satélite.

En la preparación de estas estadísticas han cooperado, bajo la dirección del autor, los oficiales del OBSERVATORIO Sres. D. José Blanch, D. Tomás Forés, D. Tomás Príncep y, de una manera particular, D. Fermín Alegret quien, en la breve temporada que estuvo relacionado con este Centro, dedicó casi todo su tiempo al mismo tema; a todos la expresión de nuestro sincero agradecimiento por su valiosa ayuda en la publicación de este trabajo.

Material y Plan

Variantes en la Luna.—Hemos tenido en cuenta las principales que, desde el punto de vista terrestre, se reducen a:

1.° Distancia de la Luna a la Tierra que, a cada lunación, pasa por un mínimo, *perigeo*, y un máximo, *apogeo*.

2.° Distancia angular Luna-Sol que determina su *fase:* nueva, creciente, llena, menguante.

3.° *Declinación*, o ángulo con el plano del ecuador terrestre y altura con relación al horizonte del observador.

4.° *Paso por el meridiano* local, u hora lunar.

El período abarcado es, en general, de 20 años (1910-1929), y en él se han tenido en cuenta, separadamente, cada una de las cuatro variantes mencionadas.

El número de ciclos lunares en 20 años es alrededor de 247, y este sería también el número de sumandos que figurarían en nuestras estadísticas al comparar los valores correspondientes a las distintas fases, si no hubiésemos añadido, además, separadamente, los valores correspondientes a los dos días que preceden y a los dos días que siguen inmediatamente al de la fase; con esto obtenemos mil doscientos treinta y cinco lecturas del valor de un elemento meteorológico determinado, en torno de las fechas de *cada fase lunar* y del *perigeo* y *apogeo*. Creemos que este número es de suyo suficiente para excluir el efecto debido a causas fortuitas; esto no obstante, hemos añadido una estadística, a base puramente arbitraria y sin fundamento físico en la realidad, que, para grupos de igual número de fechas, nos dé la medida del factor contingencia.

Los *elementos meteorológicos* escogidos para ver si es posible descubrir en alguno de ellos el influjo de las dos primeras variantes, distancia y fase lunar, son: *presión, lluvia, nubes, temperatura* y *recorrido del viento;* la tercera variante, o sea la declinación, la hemos relacionado tan sólo con la cantidad de lluvia, mientras que para un posible influjo de la cuarta variante, u hora del paso por el meridiano, se han tenido en cuenta los valores de lluvia y presión.

En cuanto a los errores probables de observación, es norma universalmente aceptada considerarlos nulos en las estadísticas meteorológicas, ya que si se trata, por ejemplo, de la cantidad de lluvia, o del recorrido del viento, son de un orden muy inferior a las cantidades medidas, y no pueden modificar los promedios de una manera apreciable; si se trata de la

presión, cantidad de nubes y temperatura, los errores sistemáticos, provenientes del observador o del instrumento, es obvio que para nada influyen en la comparación de dos series de valores homogéneos; y, en cuanto a los errores accidentales, quedan compensados por el gran número de observaciones que, en todo caso, es superior al millar; no se pretende determinar valores *absolutos* sino tan sólo valores *relativos*. Al comparar, por ejemplo, la cantidad media de precipitación acuosa en los mil doscientos treinta y cinco días, alrededor de la Luna nueva, con la obtenida en un número igual de días alrededor de la Luna llena, no nos preocupa para nada la exactitud de las medidas pluviométricas individuales, y sí, tan sólo, el poder distinguir, caso de que los resultados sean diferentes, el efecto real debido a la Luna, del efecto meramente fortuito debido a causas contingentes; es decir, hay que estudiar por separado lo que podemos llamar el *factor contingencia*.

A este fin, como exponemos más adelante, hemos escogido al azar grupos de *fechas del mes* cuyo número corresponda, aproximadamente, al número de las que entran en juego alrededor de la variante cuya influencia en el tiempo se pretende determinar y proporcionen una base de comparación para distinguir la dispersión debida exclusivamente a causas fortuitas, de la que reconoce como causa el influjo de la Luna, si es que existe. En cuanto a la lluvia, como por tratarse de un fenómeno discontinuo presenta mayores dificultades en el estudio de toda clase de correlación con otros fenómenos, los grupos constan de mayor número de cifras, y, en un caso particular, para determinar el influjo del paso de la Luna por el meridiano, el período se ha extendido a 30 años, 1905-1934.

Explanación de las Estadísticas

En las tablas de las páginas II-XLI, figuran los datos relativos a la *presión* en milímetros de mercurio (valor medio y amplitud (1) entre 7^h y 21^h); *lluvia* en mm.; *nubes* en la escala de 1 a 10 (media de tres observaciones a las 8^h 14^h y 21^h); *temperatura media*, en grados centígrados; y recorrido del *viento* en 24^h, para cada día de la correspondiente fase lunar (fecha central del grupo) y para los dos días inmediatamente precedentes y siguientes a la misma.

La disposición adoptada presenta en cada doble página, en forma sinóptica, todos los valores del año relativos a las cuatro fases de la Luna y, además, los correspondientes al *perigeo* y *apogeo;* dos mil ciento sesenta datos como mínimo, la mayor parte de los cuales son, a su vez, el promedio de tres valores distintos. Al pie de cada página figuran los promedios que permiten comparar entre sí los resultados de cada año aisladamente; en los años de catorce apogeos o catorce perigeos, se han tenido en cuenta, para el promedio, los valores que, por no tener cabida en las páginas correspondientes, según se anota al pie de las mismas, se publican al final, pág. LXXII.

En las páginas XLII-LI se han yuxtapuesto y sumado ordenadamente: las *diferencias primeras*, entre los valores registrados un día antes y un día después de cada una de las correspondientes fases, y las *diferencias segundas*, entre dos días antes y dos días después. Las columnas verticales corresponden a las sucesivas lunaciones durante el año, y son las mismas, naturalmente, que figuran en las estadísticas anteriores; así el número 4'0, en la primera columna de la izquierda, pág. XLII, indica que la diferencia entre la cantidad

(1) Más propiamente la diferencia máxima registrada entre las tres lecturas directas a 7^h, 14^h y 21^h; la amplitud en 24 horas, como no viene dada en los datos del Boletín si no es en las curvas, habría exigido la revisión de todas las gráficas, en las cuales difícilmente habrían podido apreciarse las décimas de milímetro, atendidas las correcciones de temperatura, las cuales, una vez aplicadas, no se archivan.

de nubes registrada el día anterior a la Luna Nueva del 10 de enero 1910, y la registrada el día posterior, es 4'0; mientras que el número 1'6, de la segunda columna, nos dice que esa fué la diferencia entre la cantidad de nubes registrada dos días antes y dos días después de la mencionada Luna Nueva; en la misma forma se ha procedido para la temperatura, presión y lluvia, en cada una de las fases.

El objeto de esta segunda estadística es averiguar si la fase lunar tiene alguna relación con los cambios de tiempo, ya que, en rigor, podrían ser los promedios iguales aun cuando las variaciones atmosféricas se presentasen alternantes, y centradas, particularmente, alrededor de una fase lunar, como, por ejemplo, Luna Nueva, con preferencia a las otras; de suceder esto así, forzosamente ha de manifestarse al comparar los promedios de dichas diferencias en torno de cada una de las fases. También aquí los promedios anuales dados separadamente permiten comparar los resultados de cada año en particular.

Los datos que relacionan la declinación lunar con la cantidad y frecuencia de lluvia, figuran en las páginas LII-LV; la primera de ellas contiene simplemente, tomadas del *Nautical Almanach*, las declinaciones límites alcanzadas por nuestro satélite en cada una de sus revoluciones que, como se ve, varían en un ciclo de cerca de 19 años; en las otras tres páginas figuran el número de días lluviosos y la altura de la lluvia en milímetros, correspondientes a una declinación determinada de la Luna. Hemos procedido de cinco en cinco grados a ambos lados del ecuador, reservando las dos casillas extremas para las declinaciones límites superiores a 25°, en valor absoluto; como muchas veces no llega la Luna a alcanzarlos, las cantidades entradas en estas columnas son, ordinariamente, inferiores. Todas las lluvias registradas durante los veinte años, 1910-1929, se han pasado individualmente a la columna de la declinación respectiva, previos los datos del Almanaque Náutico; en conjunto figuran 1,615 días lluviosos con un total de 9,251 mm. de altura.

Las páginas LVI y LVII contienen cuatro estadísticas comparativas referentes a la lluvia, presión, temperatura y recorrido del viento, con el fin de estudiar el efecto contingencia; en ellas figuran los valores medios correspondientes a cada día del mes, lo que nos proporciona grupos de 240 (=12×20) fechas a base fortuita, que permiten ulteriores combinaciones entre sí.

La página LVIII presenta una estadística particular sobre la correlación entre la lluvia y la distancia lunar; en ella, en lugar de tomar grupos de solos cinco días centrados en las fechas del *perigeo* y del *apogeo*, se han tomado once, lo que permite dar más peso a los resultados hallados; la disposición adoptada es suficientemente clara para que necesite explicación; la primera suma horizontal de cada año se refiere a la altura de la lluvia en milímetros y la segunda al número de días lluviosos.

Las páginas LIX-LXV contienen los datos relativos a la lluvia caída en las estaciones Ebro, Marsella, París, Potsdam, New-York, en fechas que podríamos llamar *críticas* para la comprobación de nuestas conclusiones, según se explana en el texto, más adelante.

Las estadísticas relativas a la posible correlación entre el *paso de la Luna por el meridiano local* y la cantidad y frecuencia de lluvia vienen reproducidas en las seis págs. LXV-LXX, y dan separadamente, para cada uno de los meses, y con los correspondientes promedios anuales, la cantidad de precipitación recogida en las distintas horas lunares, y el número de veces que se ha registrado lluvia en las mismas.

La presión barométrica según la hora lunar, y el número de lecturas en que se funda el valor medio correspondiente, viene dado, de año en año, para el período 1910-1924, en la estadística de la pág. LXXI.

Para facilitar la formación de estas estadísticas que, así y todo, han resultado de las más largas y enojosas, comenzamos por idear una regla corrediza que permitiese pasar con facilidad de las horas solares a las horas lunares en cada caso particular; como el día lunar medio, o intervalo de tiempo entre dos pasos de la Luna por un mismo meridiano, es de $24^h\ 50^m$, en la regla superior (fig. 1) se ha tomado una longitud equivalente a esta duración, y se ha dividido en 24 partes iguales que corresponden a otras tantas horas lunares; para convertir la hora solar en hora lunar, se comienza por buscar en las efemérides astronómicas

la hora solar del *mediodía lunar* o paso de la Luna por el meridiano (1) y, corriendo la regla, se llevan las 12 horas, o mediodía lunar, a la coincidencia con dicha hora; por ejemplo, en la posición 2), se supone que la Luna pasaba por el meridiano a las $15^h\ 28^m$ y, llevado a esta hora el mediodía lunar, todas las horas solares tienen debajo la correspondiente hora lunar; así, una lectura de barómetro hecha a las 21^h, tiempo solar, entrará este día en las tablas lunares a las $17^h\ 20^m$ o en la columna entre 17^h y 18^h; y una lluvia continua registrada entre 10^h y 11^h, tiempo solar, entrará, parte entre 6^h y 7^h, y parte entre 7^h y 8^h, tiempo lunar.

Para los datos relativos a lluvia se ha acudido directamente a las gráficas originales del pluviómetro registrador, y el trabajo se repartió entre dos observadores, leyendo el uno los milímetros de lluvia en la gráfica para cada hora solar, y entrándolos el otro en la casilla lunar correspondiente, después de haber corrido convenientemente la regla para cada día, de acuerdo con la hora del paso de la Luna por el meridiano.

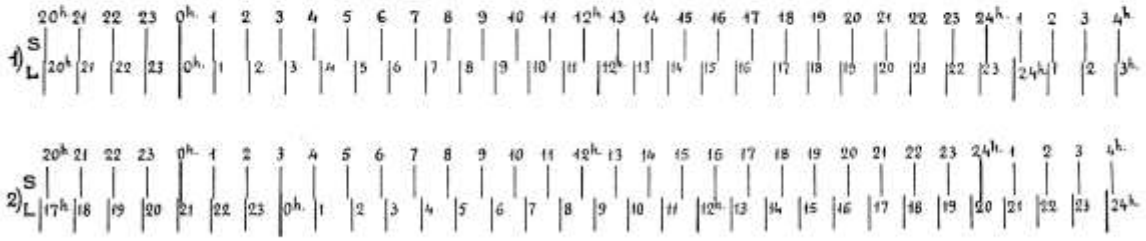


Fig. 1. Sistema práctico adoptado para pasar de la hora solar a la hora lunar: 1) el día solar y el día lunar comienzan juntos; 2) la Luna pasa por el meridiano a las 15ʰ 28ᵐ

Para la presión se han aprovechado las tres lecturas hechas diariamente al barómetro Fortin, a las 7^h, 14^h y 21^h, y publicadas en nuestro Boletín Mensual, pasando las presiones halladas (aproximadas en décimas de milímetro) a la hora lunar correspondiendiente, en la forma que dejamos explanada más arriba. La suma de lecturas que corresponden a cada hora lunar durante el período de 20 años, es alrededor de 700, número que se ha considerado suficiente para que en las mismas desaparezca el efecto casual y quede de relieve el debido al paso de la Luna.

Determinación Empírica del Factor Contingencia (2)

Los datos para determinar la dispersión que puede esperarse del azar, figuran, como dijimos, en las cuatro estadísticas de las páginas LVI y LVII, y puesto que ellos constituyen el fundamento de nuestras ulteriores conclusiones, comenzaremos por presentarlos aquí en forma sinóptica, analizándolos brevemente antes de discutir la realidad del efecto lunar.

En la primera columna vertical del adjunto cuadro se indica el día del mes; en la segunda, el valor medio de la lluvia correspondiente a dicho día, en todos los meses y años

(1) Se ha tenido en cuenta el adelanto de la hora astronómica en 12 horas, a partir del 1.º de enero de 1925.

(2) Dada la índole empírica de este trabajo, hemos preferido presentar directamente varios ejemplos de la dispersión atribuible al azar, más bien que determinarla en cada caso por medio de las fórmulas clásicas del análisis matemático, basadas en el cálculo de probabilidades y que no dejan de presentar sus dificultades cuando se trata de fenómenos discontinuos como el de la lluvia; por lo demás, si alguien quiere sujetar a un tratamiento analítico más riguroso los *cerca de doscientos mil datos* discutidos en esta investigación, el tenerlos impresos y ordenados sintéticamente le facilitará no poco una tarea de suyo bien larga y enojosa; creemos, no obstante, que sus conclusiones discreparán muy poco de las nuestras, y en cuanto a los argumentos por nosotros aducidos, esperamos que su fuerza probativa, sin dejar de ser apreciada por los meteorólogos de profesión, estará más al alcance de toda clase de lectores interesados en un tema tan popular como este de la influencia de la Luna en el tiempo.

(240 fechas, excepto para los días 29, 30 y 31); en la tercera, la desviación de este valor medio respecto del promedio de todo el período de 20 años que encabeza la columna; las restantes columnas presentan datos semejantes sobre la presión, temperatura y recorrido del viento en kilómetros por día.

Días	Lluvia 1'28 mm.		Presión 58'57 mm.		Temperat.ª 16'92°		Recorrido del viento, 348'1		Días	Lluvia 1'28 mm.		Presión 58'57 mm.		Temperat.ª 16'92°		Recorrido del viento, 348'1	
	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.		Prom.	Desv	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.
1	0'84	—0'44	58'63	+ 0'06	16'91	—0'01	375'9	+27'8	16	1'35	+ 0'07	59'10	+ 0'53	16'85	— 0'07	355'2	+ 7'1
2	0'67	—0'61	58'78	+0'21	16'85	—0'07	336'7	—11'4	17	1'46	+ 0'18	59'32	+ 0'75	16'66	— 0'26	338'8	— 9'3
3	1'39	+ 0'11	58'67	+ 0'10	16'79	— 0'13	346'9	— 1'2	18	1'32	+ 0'04	58'07	+ 0'40	16'86	— 0'06	337'0	—11'1
4	1'06	—0 22	58'51	—0'06	16'88	— 0'04	348'9	— 0'8	19	1'53	+ 0'25	58'64	+ 0'07	16'95	+ 0'03	355'5	— 7'4
5	1'42	+ 0'14	58'32	—0'25	16'07	— 0'05	338'5	— 9'6	20	1'48	+ 0'20	58'53	— 0'04	16'08	+ 0'06	339'6	— 8'5
6	1'68	+ 0'40	58'32	—0'25	17'12	+ 0'20	345'3	— 2'8	21	1'76	+ 0'48	58'44	— 0'13	17'01	+ 0'09	329'3	—18'8
7	1'06	—0'22	58'49	—0'08	17'16	+ 0'24	342'1	— 6'0	22	1'14	— 0'14	58'29	— 0'28	17'17	+ 0'25	347'2	— 0'9
8	1'48	+ 0 20	58'37	— 0'20	16'88	— 0'04	343'3	— 4'8	23	1'18	— 0'10	58'44	— 0'13	17'06	+ 0'14	355'1	+ 7'0
9	1'83	+ 0'55	58'68	+ 0'11	16'68	— 0'24	357'1	+ 9'0	24	0'96	— 0'32	58'63	+ 0'06	17'02	+ 0'10	345'4	— 2'7
10	1'20	— 0'08	58'92	+ 0'35	16'43	— 0'49	346'8	— 1'3	25	0'77	— 0'51	58'61	+ 0'04	16'98	+ 0'06	365'5	+17'4
11	1'22	—0'06	58'90	+ 0'33	16'54	— 0'38	347'8	— 0'3	26	1'59	+ 0'31	58'51	— 0'06	16'96	+ 0'04	347'7	— 0'4
12	1'20	— 0'08	58'69	— 0'12	16'75	— 0'17	338'3	— 9 8	27	1'26	— 0'02	58'28	— 0 29	16'96	+ 0'04	348'0	— 0'1
13	1'20	— 0'08	58'80	— 0'23	16'78	— 0'14	358'5	— 10'4	28	1'43	+ 0'15	58'06	— 0'51	16'98	+ 0'06	364'8	+ 16'7
14	0'90	—0'38	58'72	— 0'15	16'79	— 0'13	344'0	— 4'1	29	1'32	+ 0'04	57'88	+ 0'69	17'02	+ 0'10	350'3	+ 2'2
15	1'11	— 0'17	58'75	— 0'18	16'88	— 0'04	349 3	+ 1'2	30	1'31	+ 0'03	58'12	— 0'45	17'38	+ 0'46	340'8	— 7'3
									31	1'49	+ 0'21	58'30	— 0'27	17'17	+ 0'25	353'7	+ 5'6

Hemos de manifestar aquí que, en un principio, habíamos limitado nuestra estadística a los días 1.° y 15 de cada mes; los resultados obtenidos fueron:

	Presión	Temperatura	Nubes	Lluvia	Recorrido del viento
1.° de mes (240 fechas)	758'63 mm.	16'91°	3 8	0'84 mm.	375'9 km./día
15 de mes (240 fechas)	758'75 »	16'88°	3'8	1'11 »	349'3 »
Promedio total de 20 años (7,305 fechas)	758'57 »	16'92°	3'7	1'28 »	348'1 »

A primera vista podía parecer que, a excepción de la lluvia y del viento, la poca dispersión de los datos ahorraba el extender la estadística a mayor número de fechas; optamos, no obstante, por aplicarla a todos los demás días del mes ya que, respecto de la lluvia, por ser un fenómeno intermitente, se requería mayor número de valores individuales para eliminar el factor contingencia, y en cuanto a la presión, temperatura y recorrido del viento, los resultados habían de ser de más peso al disponer de un número de sumandos mayor (1); de hecho, el haber hallado promedios tan iguales para los días 1.° y 15, en la presión y temperatura, fué un *efecto casual*, ya que la desviación media, prescindiendo del signo, en los 31 grupos es bastante superior: 0'24 mm. y 0'14°, respectivamente; para el viento, en cambio, el valor medio hallado para el grupo 1.° de mes es el que más se desvía del promedio total.

La dispersión máxima de los promedios diarios obtenidos en los 31 grupos de 240 fechas, comparables con las 247 lunaciones en 20 años, es 1'16 mm. para la lluvia, 1'44 mm. para la presión, 0'95° para la temperatura y 45'7 km. para el recorrido del viento; la desviación media, prescindiendo del signo, es, respectivamente, 0'22, 0'24, 0'14 y 7'2, valores que, en cuanto a la lluvia y el recorrido del viento, equivalen a un 17 %, y a un 2 % de los que podemos llamar promedios normales, y en cuanto a la presión y temperatura, son prácticamente insignificantes.

(1) No hemos podido hacer lo mismo respecto de la cantidad de nubes, por no disponer de una estadística previa apropiada.

Escogiendo de entre los valores hallados grupos de cinco, centrados alrededor del 3, del 5, del 10, del 12, del 16, del 18, del 23 y del 25 del mes; grupos de 11, distribuidos por pares al principio, medio y final de mes; y grupos de 14, obtenidos sumando los del 1 al 14 y los del 15 al 28, o bien tomando alternativamente los correspondientes a días pares e impares, o a siete binarios pares y siete binarios impares, obtenemos los valores medios siguientes, cuya comparación con el promedio general del período (números entre paréntesis), viene dada en el siguiente cuadro:

	Lluvia (1'28 mm.)		Presión (758'57)		Temperatura (16'92°)		Recorrido del viento en km. (348'1)	
Grupos de 1200 fechas	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
Del 1 al 5 . . .	1'08	—0'20	58'58	+0'01	16'87	—0'05	349'4	+1'3
Del 3 al 7 . . .	1'32	+0'04	58'46	—0'11	16'98	+0'06	344'3	—3'8
Del 8 al 12 . . .	1'39	+0'11	58'71	+0'14	16'66	—0'26	346'7	—1'4
Del 10 al 14 . . .	1'20	—0'08	58'81	+0'24	16'66	—0'26	347'1	—1'1
Del 14 al 18 . . .	1'23	—0'05	58'97	+0'40	16'81	—0'11	344'9	—3'2
Del 16 al 20 . . .	1'48	+0'20	58'91	+0'34	16'86	—0'06	345'2	—2'9
Del 21 al 25 . . .	1'16	—0'12	58'48	—0'09	17'05	+0'13	348'1	0'0
Del 23 al 27 . . .	1'15	—0'13	58'49	—0'08	17'00	+0'08	351'9	+3'8
Grupos de 2640 fechas								
Del 1 al 11 . . .	1'29	+0'01	58'60	+0'03	16'83	—0'09	348'1	0'0
Del 2 al 12 . . .	1'32	+0'04	58'60	+0'03	16'82	—0'10	344,7	—3'4
Del 9 al 19 . . .	1'33	+0'05	58'86	+0'29	16'74	—0'18	348'0	—0'1
Del 10 al 20 . . .	1'30	+0'02	58'85	+0'28	16'77	—0'15	346'4	—1'7
Del 17 al 27 . . .	1'31	+0'03	58'60	+0'03	16'96	+0'04	346'1	—2'0
Del 18 al 28 . . .	1'31	+0'03	58'49	—0'08	16'99	+0'07	348'5	+0'4
Grupos de 3360 fechas								
14 días primeros.	1'25	—0'03	58'63	+0'06	16'82	—0'10	347'9	—0'2
14 días segundos.	1'31	+0'03	58'61	+0'04	16'95	+0'03	348'3	+0'2
14 días pares . . .	1'27	—0'01	58'57	0'00	16'89	—0'03	345'7	—2'4
14 días impares .	1'29	+0'01	58'59	+0'02	16'88	—0'04	350'5	+2'4
7 binarios impares	1'29	+0'01	58'66	+0'09	16'87	—0'05	347'6	—0'5
7 binarios pares .	1'26	—0'02	58'58	+0'03	16'94	+0'02	348'6	+0'5

Como se ve, la dispersión de los promedios ha quedado ya muy reducida en los grupos de 1,200 fechas; mucho más aún en los grupos de 2,360, y prácticamente anulada en los de 3,360; tratándose de este último número, el factor contingencia queda del todo compensado, dejando el campo libre a la influencia lunar, si es que existe.

Resultados

La Declinación de la Luna y la Lluvia

Comenzamos por esta variante lunar porque su efecto es el que mejor han puesto de relieve nuestras estadísticas.

El hecho, ya mencionado, de que la inclinación de la órbita de la Luna respecto del ecuador terrestre vaya variando paulatinamente entre los límites 28° y 18°, en un período de cerca de 19 años (1), es causa de que el tiempo, durante el cual nuestro satélite permanece en una declinación determinada, sea también variable y que, por lo mismo, los datos no sean siempre directamente comparables entre sí; no podemos, por ejemplo, comparar la cantidad de lluvia recogida con una declinación de la Luna entre ± 15° y ± 20°, con la recogida cuando la declinación se ha mantenido entre ± 20° y ± 25°, ya que, como entre estos últimos valores ha permanecido menos tiempo, es natural sea también menor la cantidad de precipitación

(1) Véanse en la página LII, los diferentes valores límites alcanzados en las lunaciones de todo el período estudiado, 1910-1929.

registrada durante el mismo intervalo. Lo único que cabía hacer era tomar el número total de días que, durante el período considerado de 20 años, había permanecido la Luna en una declinación determinada, y dividir por dicho número el valor total de lluvia hallado; pero, habida cuenta de que el número de revoluciones se acerca a 250, el distinguir en cada una de ellas diez etapas de cinco grados, nos llevaba ya a las 2,500 divisiones, con un trabajo que, a nuestro entender, no quedaba compensado por la esperanza de conseguir resultados más precisos que los obtenidos por el procedimiento adoptado, de carácter más sintético.

Este consiste en comparar, año por año, la cantidad y frecuencia de lluvia registrada con declinación positiva y con declinación negativa de nuestro satélite; el promedio de 20 años para las distintas declinaciones viene dado en el siguiente cuadro sinóptico:

		Suma con δ−	−L	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	+5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+L	Suma con δ+
Decenio	Cantidad en mm.	2287'4	289'4	515'6	326'9	345'2	251'4	558'9	382'1	319'1	331'0	543'6	617'2	410'2		2603'2
1910-1919	Días lluviosos. .	414	62	90	71	67	55	69	63	52	68	82	99	66		430
Decenio	Cantidad en mm.	1918'2	58'9	256'9	643'8	308'5	348'1	302'0	458'4	376'7	401'9	575'0	561'2	692'0		2442'4
1920 1929	Días lluviosos. .	361	11	51	111	69	60	59	66	67	85	124	57	11		410
Período total	Cantidad en mm.	**4205'6**	**348'3**	**772'5**	**970'7**	**653'7**	**599'5**	**860'9**	**840'5**	**695'8**	**732'9**	**1118'6**	**1178'4**	**479'4**		**5045'6**
1910-1929	Días lluviosos. .	**775**	**73**	**141**	**182**	**136**	**115**	**128**	**129**	**119**	**153**	**206**	**156**	**77**		**840**

En la fig. 2 pueden verse los resultados en forma gráfica; prescindiendo, por ahora, de la dispersión de ambas curvas, en la que viene englobado el efecto fortuito, el efecto debido a la desigual duración del tiempo en que la Luna ha permanecido dentro de los límites de una declinación determinada y quizás también, como veremos al tratar de la posible causa de este influjo lunar, un efecto de marea, desde luego se observa la mayor altura, constante y bien definida, de las dos curvas que corresponden a declinaciones positivas de nuestro satélite.

El exceso en la cantidad de lluvia caída en el Ebro con declinación positiva de la Luna se verifica, como se ve, tanto en el primer decenio, 1910-1919, como en el segundo, 1920-1929; en éste es de 27 % y en el primero de 13'5 %; para todo el período de 20 años, el exceso de lluvia es de 20 % (1). Juzgamos que este resultado refleja ya con suficiente evidencia, un influjo real de nuestro satélite en la condensación y precipitación del vapor de agua en el seno de nuestra atmósfera, ya que, por basarse en las estadísticas de 7,300 días de observación con 1,615 días de lluvia, y en una cantidad total de agua recogida igual a 9,251 mm. (toda la caída en el OBSERVATORIO durante un período de 20 años), el exceso de un 20 % durante la mitad del tiempo en que nuestro satélite ha tenido declinación norte, es muy superior al que puede esperarse del acaso.

Para comprobarlo no hay sino acudir a la estadística de la página XLVI y, en lugar de dividir el período total de 20 años en dos grandes mitades, según la declinación norte y sud de la Luna, dividirlo en otras dos mitades equivalentes, pero a base arbitraria, cuales son los dos grupos de 14 días, del 1 al 14 y del 15 al 28 de cada mes (2); las sumas así obtenidas arrojan: 4,185 mm. de lluvia para el primero, y 4,398 para el segundo; cantidades que sólo difieren en un 5 %, o sea cuatro veces menos de lo que difieren las cantidades obtenidas con declinación positiva y negativa de la Luna.

---

(1) Para mayor comodidad en el cómputo de los mismos, la comparación de los promedios se hace siempre tomando como base el valor más bajo; aunque esto da un % más elevado que el obtenido si la comparación se hace a la inversa o si entrambos valores se refieren al total, como el método se aplica por igual a las estadísticas de base fortuita y a las de base lunar, la relación entre los resultados hallados no cambia.

(2) Hasta el día 28 inclusive, para eliminar la desigual duración de los meses.

Aun atribuyendo íntegra al acaso (lo que no es cierto como veremos en seguida) esta discrepancia de un 5 % en los promedios así obtenidos, el influjo de la declinación lunar resultaría de un orden cuatro veces superior; pero, en rigor, no puede atribuirse al azar esta diferencia de un 5 %, sino que proviene de que se suman cada año porciones homogéneas de la curva anual, correspondientes a idénticas posiciones de la Tierra en su órbita alrededor del Sol (fig. 3), y cuyas diferencias mutuas no quedan compensadas: esto es, aparece todavía, si bien aminorado, el influjo local de la acción solar, influjo que quedaría mucho más de relieve aún si en lugar de comparar las primeras doce mitades de los meses del año con las doce segundas, comparásemos, por ejemplo, el resultado de seis meses con el de los otros seis, tomándolos alternativamente: el grupo en que figurasen mayo y septiembre, los meses más lluviosos en

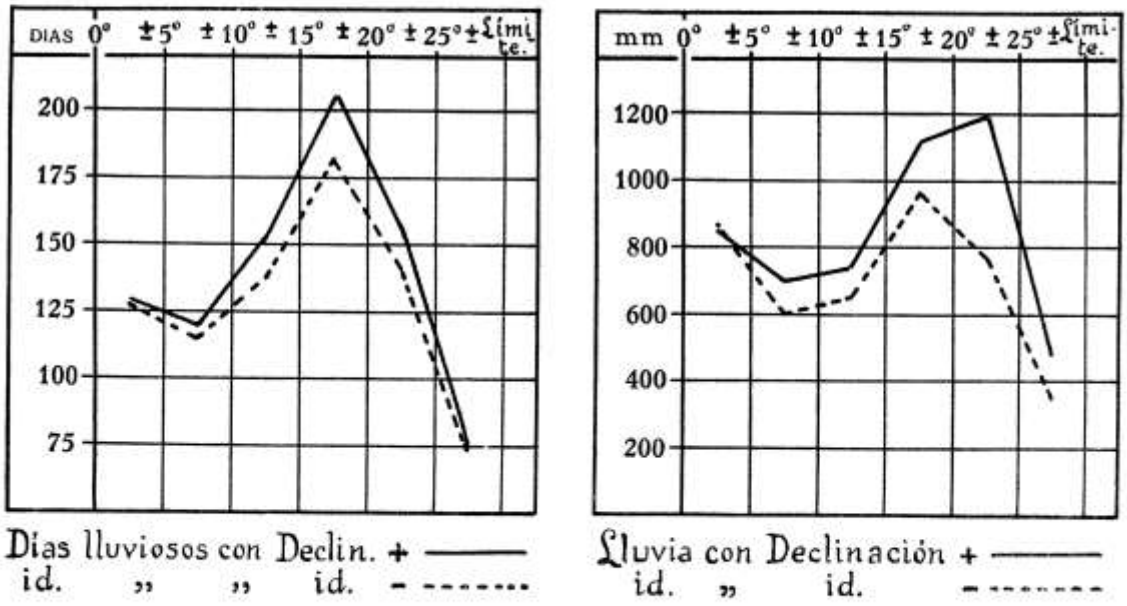


Fig. 2

esta comarca, presentaría un exceso tanto más definido cuanto mayor fuese el número de años considerado; y al revés pasaría con el grupo en que figurasen enero y agosto, que son los meses más secos.

Lo que, tratándose de meses, resulta del todo evidente, tiene también su aplicación en el caso de que se tomen quincenas, decenas o semanas; aunque, naturalmente, a medida que se adopten unidades de tiempo más cortas o porciones más pequeñas de la curva anual, al sumar alternativamente los valores correspondientes a las mismas, la diferencia debida al influjo solar irá disminuyendo, hasta desaparecer del todo en el caso de que se tomasen horas o minutos. Escogiendo como unidad el día, 1/365 del recorrido anual de la Tierra en su órbita alrededor del Sol, la curva queda suficientemente desmenuzada para que, al sumar alternativamente sus diversas porciones, desaparezca prácticamente toda huella de la acción del Sol; así, en la estadística a base arbitraria, hallamos que la lluvia caída durante los días pares del mes en 20 años ($14 \times 12 \times 20 = 3{,}360$), es 4,259 mm., con un promedio diario de 1'27; y la caída en otros tantos días impares es 4,324 mm., con un promedio de 1'29, que sólo difiere del anterior en 1'5% o unas trece veces menos que lo que difieren entre sí los promedios de lluvia, basados en el cambio de declinación de nuestro satélite; el exceso, pues, de un 20 % en la lluvia recogida con declinación positiva no puede atribuirse al acaso, y menos aún a la acción del Sol, ya que las fechas de las lunaciones van corriéndose de año en año y corresponden, por lo mismo, a distintas regiones de la órbita terrestre y de la curva anual.

Más marcada es aún la diferencia entre los promedios cuando se comparan valores que corresponden a posiciones extremas de nuestro satélite, al norte y al sud del ecuador, o *lunisticios;* así, tomando para cada año los valores de las dos últimas columnas en la declinación negativa y positiva alcanzada por la Luna, obtenemos, respectivamente, para todo el período 1910-1929, las sumas totales **2,020** y **2,552** mm., con un exceso durante el lunisticio norte, que del 20 % ha pasado al 26 %; si tomamos la última columna tan sólo, las sumas son 906 y 1,299 mm., que elevan el exceso de lluvia caída durante los 247 lunisticios norte a un 43 % respecto de la caída en igual número de lunisticios sud.

En cuanto al número de días lluviosos con declinacion positiva y negativa de la Luna, la estadística arroja, como puede verse en el mismo cuadro, 430 y 414, respectivamente, durante

Fig. 3. Distribución de la lluvia, en el Ebro, según la región de la órbita terrestre alrededor del Sol; período 1905-1934; escala, 1 mm igual a 10 mm. de lluvia; el nivel inferior común corresponde a 15 mm.

el primer decenio, y 410 y 361 durante el segundo; para el período entero 1910-1929, el total de días lluviosos con declinación positiva, **840,** es superior en un 8'4 % al total de días lluviosos con declinación negativa, que es **775;** el efecto fortuito, al comparar los días lluviosos entre los 14 días pares y los 14 días impares, arroja 725 y 748, con una diferencia de un 3 %, que no llega ni siquiera a la mitad de la hallada al considerar el efecto de la Luna.

Si, como hicimos con la cantidad de lluvia, escogemos tan sólo las declinaciones extremas en las dos últimas columnas, el número de días lluviosos es 354, con declinación negativa y 416 con declinación positiva, con un exceso del segundo respecto del primero que ha subido del 8'4 al 17 %; para la última columna, no obstante, el exceso de días lluviosos se ha mantenido en 9'5 %.

Todavía podemos añadir, en prueba de la realidad de este efecto lunar, el que, si comparamos aisladamente las frecuencias y cantidades de lluvia de los diferentes grupos con declinaciones entre 0° −5° y 0° +5°; −5° −10° y +5° +10°, etc.; obtenemos, al tomar en cuenta los datos de todo el período, un exceso constante en las zonas de declinación positiva, excepción hecha de la zona ecuatorial entre −5° y +5° en la que, por ser menor la diferencia en declinación, no deja visible su huella en las cantidades obtenidas.

Si consideramos separadamente grupos de 13 lunaciones que corresponden a cada año, el número de años en que se verifica el exceso de lluvia con declinación positiva es, según puede verse en el adjunto cuadro, de 13 contra 7 ó, si se descartan cuatro años de sumas casi iguales, de 11 contra 5; en cuanto al número de días lluviosos, los años de exceso y defecto se dividen casi por igual, si bien con un notable predominio de días lluviosos, dos contra uno, si se comparan aisladamente los valores del lunisticio norte y lunisticio sud.

Lluvia anual según la Declinación de la Luna

Año	Declinación —		Declinación +		Año	Declinación —		Declinación +	
	Lluvia en mm.	N.° de días lluviosos	Lluvia en mm.	N.° de días lluviosos		Lluvia en mm.	N.° de días lluviosos	Lluvia en mm.	N.° de días lluviosos
1910	201'8	48	196'0	37	**1920**	265'4	46	262'5	49
1911	149'6	36	394'0	47	**1921**	461'9	45	293'0	33
1912	115'4	38	152'6	37	**1922**	198'5	35	245'4	25
1913	373'4	46	184'4	31	**1923**	131'9	28	138'5	45
1914	243'9	41	264'5	40	**1924**	131'0	34	185'1	57
1915	223'6	41	407'8	60	**1925**	136'0	26	138'9	39
1916	166'9	43	138'0	34	**1926**	137'1	34	387'0	51
1917	197'6	35	269'1	51	**1927**	162'4	49	298'0	39
1918	239'4	36	371'1	47	**1928**	145'7	27	249'1	37
1919	375'8	50	225'7	48	**1929**	248'3	37	244'3	33
					Total	**4305'6**	**775**	**5045'6**	**840**

Este resultado confirma la realidad del influjo lunar y elimina la posibilidad de que el exceso hallado sea debido a dos o tres lluvias intensas que vicien los promedios de todo el período; hay que convenir, no obstante, en que dicho influjo no podría deducirse de ningún año o grupo tomado aisladamente, ya que todos presentan variaciones de las más caprichosas, sino que sólo se manifiesta en el efecto de conjunto al darnos una dispersión muy superior a la que puede esperarse del acaso, como se indica en la fig. 5.

La distancia Lunar y la Lluvia

Doble es la estadística preparada para correlacionar la distancia lunar y la lluvia; en una se han tomado grupos de cinco días centrados alrededor de las fechas del *perigeo* y *apogeo*, exactamente en la misma forma que se ha hecho con las fases; y en la otra, por separado, se ha extendido la investigación a cinco días antes y cinco después de las fechas arriba mencionadas, con lo que se han obtenido dos grupos de once días para cada una de las mismas.

El resultado de la primera estadística a base de grupos de cinco días, da un promedio de 1'44 mm. de lluvia por día en el *perigeo* y 1'23 en el *apogeo*, o sea un exceso de un 17 % del primero respecto del segundo; este resultado, favorable también a una acción de la Luna en el mismo sentido que el hallado al considerar la declinación, necesita, no obstante, ser analizado de una manera particular antes de ser aceptado como reflejo de un influjo real.

En primer lugar, el efecto, muy marcado en el primer decenio, con promedios de 1'55 mm. y 1'06 mm., respectivamente, en el *perigeo* y *apogeo*, resulta ligeramente invertido durante el período de 1920 a 1929, que arroja promedios de 1'33 y 1'41, con una cantidad de lluvia algo superior en las fechas del *apogeo*.

La dispersión debida al acaso en los promedios correspondientes a los ocho grupos de un número de fechas casi igual, 1,200, es, como vimos, de 1'08 a 1'43 mm., superior, por lo mismo, a la hallada entre los promedios de los grupos *perigeo-apogeo*.

Valen aquí, también, las razones expuestas en páginas anteriores respecto a un posible residuo de la influencia solar en los grupos de cinco días, sumados homogéneamente de año en año; para anularlo y tomar fechas cuya sucesión se parezca más a las de la Luna, aunque del todo independientes de la misma, hemos sumado en diagonal los grupos de cinco cifras del cuadro de la página LVI en forma que, para el primer grupo, se han tomado de la primera fila horizontal los valores correspondientes del primero al cinco de enero en 20 años (cien días); de la segunda los correspondientes del 2 al 6 de febrero, y así sucesivamente, hasta completar los 1,200 días; en la misma forma se han corrido las sumas de los tres restantes grupos, comenzando de nuevo por el 1.° al llegar al día 28; los promedios así obtenidos son, respectivamente, 1'38, 1'15, 1'24, 1'25 (1); como se ve, la dispersión ha disminuído ya bastante, y la proba-

(1) El método se ha aplicado tan sólo a cuatro de los ocho grupos indicados en la página 12.

bilidad de que, al comparar dos grupos, sus promedios difieran tanto como los obtenidos alrededor del *perigeo-apogeo*, se ha reducido a 1/6; pero así y todo es obvio que este resultado no tiene fuerza demostrativa en favor de un influjo real de la distancia lunar en la cantidad de lluvia, influjo que, si bien algo probable, quedaría todavía indeterminado.

Con miras a precisarlo mejor, emprendimos la segunda estadística (pág. LVIII), que abarca once días en torno del perigeo y once días en torno del apogeo, y toma, además, en consideración, no sólo la cantidad sino la frecuencia de lluvia en cada uno de estos días. El resultado puede verse en la figura 4, que presenta en forma gráfica los datos del adjunto cuadro sinóptico.

	APOGEO												PERIGEO											
	−5	−4	−3	−2	−1	0	1	2	3	4	5	Total	−5	−4	−3	−2	−1	0	1	2	3	4	5	Total
Primer	182'5	150'7	327'2	200'3	123'1	124'6	148'2	107'2	49'2	202'1	128'8	1743'9	141'8	150'6	177'1	103'4	199'4	183'4	353'9	163'0	133'5	290'5	240'2	2142'3
decenio	30	27	31	28	24	31	29	26	24	34	33	317	26	30	31	27	35	28	35	33	36	38	36	355
Segundo	184'0	90'2	73'4	131'3	222'9	224'9	214'4	140'9	116'2	129'6	83'1	1601'9	108'8	125'0	150'4	216'2	140'9	148'3	120'9	252'8	237'8	188'9	288'1	1979'6
decenio	23	20	25	27	34	34	29	35	26	22	27	302	25	25	28	28	25	30	27	33	18	22	34	295
TOTAL	366'5	240'9	400'6	331'6	346'0	349'5	362'6	248'1	165'4	322'7	211'9	3345'8	249'6	279'6	327'5	319'6	340'3	331'7	474'8	415'8	373'3	480'4	523'3	4121'9
	53	47	56	55	58	65	58	61	50	56	60	619	51	55	59	55	60	58	62	66	54	60	70	650

Aunque los valores aislados ofrecen una dispersión notable, el promedio de lluvia caída alrededor del *perigeo*, **4,122** mm., es un 23 % superior al registrado alrededor del *apogeo*, **3,345**; tenemos, pues, que, al tomar grupos de mayor número de días, con lo que el

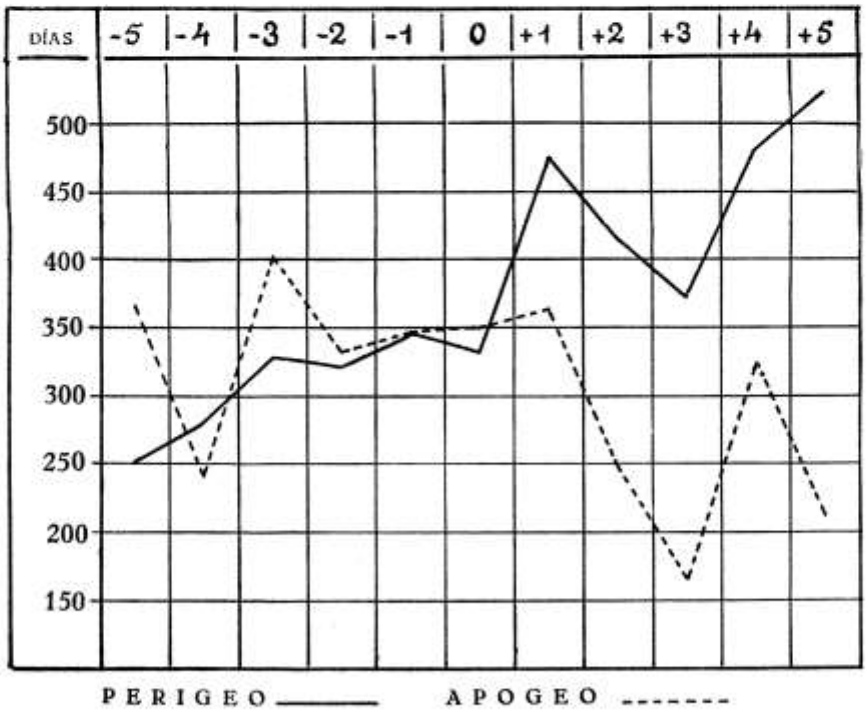


Fig. 4. Comparación entre la cantidad de lluvia caída en 2,640 fechas alrededor del perigeo y la caída en otras tantas fechas alrededor del apogeo; ordenadas lluvia en mm., abscisas días

efecto casualidad ha de disminuir (el efecto solar no cuenta por el corrimiento de las fechas lunares a lo largo del año), la diferencia hallada no sólo se mantiene sino que se ha acentuado más, pasando de un 17 % a un 23 %; no es posible encontrar en la estadística comparativa a base arbitraria dos grupos de once días del mes seguidos, cuya lluvia de 20 años difiera, ni

de mucho, en un tanto por ciento tan elevado. De hecho, la dispersión máxima hallada en los promedios de seis grupos de 2,640 fechas (=12 × 20 × 11) escogidas al azar fué sólo, según vimos en la pág. 12, de 1'29 a 1'31, que no difieren más que en 1'5 %, mientras que la obtenida para un número todavía mayor de fechas clasificadas según la distancia lunar, es de un 23 % ó 15 veces superior; la probabilidad, pues, se va acentuando en favor de un influjo real de la distancia lunar sobre la cantidad de lluvia.

En cuanto al número de días lluviosos registrado alrededor de las fechas del perigeo y del apogeo, el resultado es, respectivamente, **650** y **619**, con un exceso de un 5 % durante el perigeo que, en conjunto, más bien confirma la acción lunar; tomando dos grupos de once días arbitrariamente alrededor de las fechas 5 y 15 de cada mes, durante veinte años, el número de días lluviosos es **586** y **574** (1) con una diferencia de sólo un 2 %, o menos de la mitad que

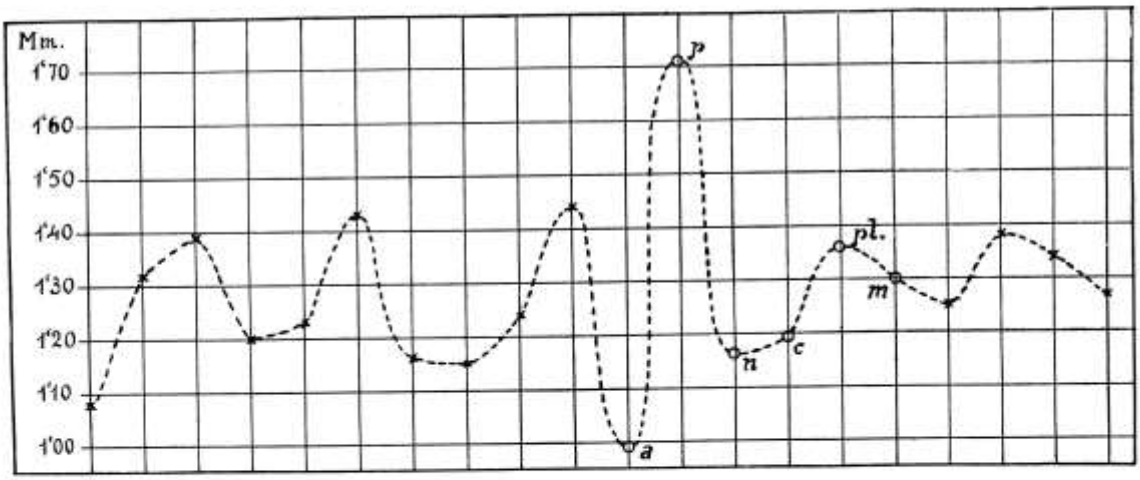


Fig. 5. Amplitud de la variación en el promedio diario de lluvia caída en los dos grupos de 1,320 fechas cada uno, después del apogeo y después del perigeo, comparada con la obtenida en 14 grupos de aproximadamente igual número de fechas escogidas al azar o alrededor de las cuatro fases lunares.

la hallada al comparar los grupos *perigeo-apogeo*, a pesar de que, en estos últimos, el número de sumandos es bastante mayor; hay que convenir, no obstante, en que ninguna conclusión podría sacarse de este pequeño exceso de días lluviosos en torno del perigeo, si la acción lunar en el mismo sentido no se apoyase en resultados más evidentes.

Como aparece ya de la simple inspección de la curva, la diferencia resalta mucho más cuando se compara el promedio de la cantidad y frecuencia de la lluvia en los cinco días siguientes al perigeo con el promedio correspondiente a los cinco días siguientes al apogeo: estos son, para la cantidad, **2,268** mm. y **1,311** mm., y para la frecuencia **312** y **285** días; el exceso en la cantidad de lluvia es de un 73 % y en la frecuencia de un 9'5 %.

En los catorce grupos de 1,200 fechas (12 × 20 × 5), escogidas al azar, el mayor exceso en el valor medio de un grupo respecto de otro, no alcanza el 33 %, mientras que en los dos grupos semejantes integrados por un número de fechas todavía mayor, o sea 1,320 (=264 revoluciones draconíticas × 5) escogidas a base del perigeo y apogeo, el exceso correspondiente al grupo que contiene los cinco días siguientes al perigeo, respecto del que contiene los cinco días siguientes al apogeo, es más de dos veces mayor (véase fig. 5). No es posible, en la estadística de la pág. 11, hallar dos grupos de cinco días seguidos cuyos promedios difieran, ni de mucho, en un % tan elevado.

---

(1) Estos totales son inferiores a los obtenidos en los grupos de once días perigeo-apogeo, por ser inferior el número de meses al de revoluciones draconíticas de la Luna.

El número de años en que se verifica que la cantidad de lluvia caída en los once días alrededor del perigeo es superior a la recogida en los once días alrededor del apogeo, es de 11 contra 8 y un año igual; para los días lluviosos, en cambio, la relación se presenta invertida, 8 contra 11 y un año igual, de suerte que nada podría argüirse de esta comparación si no es el hecho, ya anotado, de que el efecto lunar se muestra más en la cantidad que no en la frecuencia de la lluvia.

Si la comparación se limita a los cinco días siguientes al perigeo con los cinco días siguientes al apogeo, el número de años en que se verifica la relación hallada es de 13 contra 7 en cuanto a la cantidad, y de 8 contra 8 en cuanto a la frecuencia, con cuatro años de casi el mismo número de días lluviosos.

También aquí, como hicimos al tratar de la declinación, podemos comparar separadamente entre sí cada uno de los cinco días en los dos grupos de fechas después del perigeo y apogeo; el resultado es que el exceso de lluvia en los primeros, respecto de los segundos, se

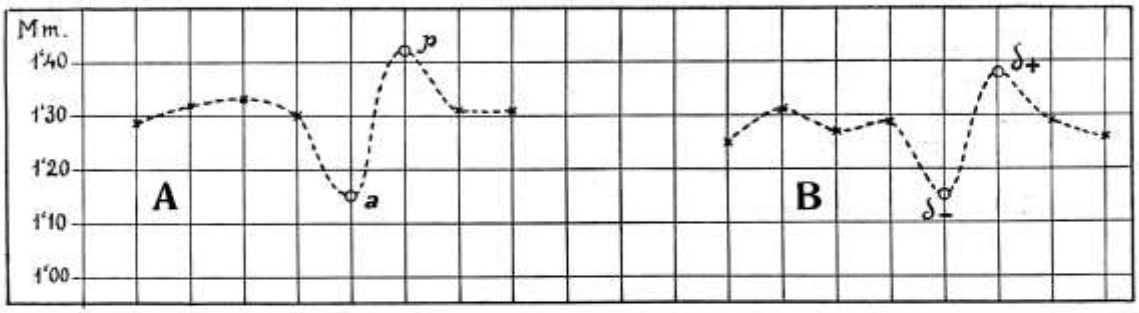


Fig. 6. A. Comparación entre la dispersión obtenida en los promedios de lluvia correspondiente a dos grupos de 2,904 fechas cada uno alrededor del perigeo y agogeo, con la obtenida en seis grupos de 2,640 fechas escogidas al azar.—B. Idem entre dos grupos de 3,650 fechas con declinación positiva y negativa de la Luna, y seis grupos de 3,360 fechas escogidas al azar; nótese, en ambos casos, la dispersión casi nula en los promedios a base casual.

mantiene sin excepción si se considera el período total de 20 años, y con una sola excepción si se toman separadamente los dos decenios. El número de años individuales en que se verifica la relación es para el

1.er	día,	11	contra	9	
2.º	»	11	»	9	
3.º	»	13	»	6	(1)
4.º	»	11	»	9	
5.º	»	17	»	3	
Total		63	contra	36	

Como se ve, la evidencia en favor de un influjo, si bien exiguo y en cada caso particular velado por el factor casualidad, de la distancia lunar y, según hemos visto antes, también de la declinación, en la cantidad de lluvia caída en el Observatorio del Ebro, resalta en conjunto de tal forma que no es posible dudar de su realidad; la afirmación corriente de que no hay evidencia científica de que la Luna influya en el tiempo (2), a lo menos por lo que toca a la lluvia, y respecto de nuestras estadísticas, no puede sostenerse.

---

(1) Un año con ambos valores que difieren en menos de un milímetro.

(2) «Desde un principio se ha esforzado el hombre por ver si la Luna ejercía un influjo sobre el tiempo, pero, como es sabido, hasta nuestros días sin un resultado digno de mención, *ohne einen nennenswerten Erfolg.*» J. Hann *(Handbuch der Meteorologie*, 2.ª ed., pág. 393). Véase también H. N. Russel, *Popular Astronomy*, I, pág. 163.

Efecto Conjunto de la Declinación y Distancia

Averiguado el sentido en que las dos variantes lunares, *declinación* y *distancia*, actúan en la cantidad y frecuencia de lluvia local, era de prever que el efecto resaltaría mucho más si agrupábamos fechas en las que estas mismas variantes estuviesen acordes en su fase y actuasen en el mismo sentido.

A este fin escogimos en las efemérides astronómicas los días en que la mínima distancia lunar o perigeo coincidía con declinación norte superior, por lo menos, a 10°; total 121 perigeos en estas condiciones, desde el año 1910 al 1936 inclusive; pasadas estas fechas a la sección meteorológica, apuntamos la cantidad de lluvia en ellas recogida, como también la recogida en los dos días siguientes (1) a cada una de las mismas, 363 días en total; en la misma forma apuntamos la cantidad de lluvia recogida en otras tantas fechas, retrasadas, cada una de ellas, 14 días respecto de las primeras, cuando nuestro satélite, en cuanto a declinación y distancia, se hallaba, prácticamente, en condiciones opuestas.

El resultado fué completamente el previsto, con una suma total de lluvia igual a **733** mm. en las 363 fechas alrededor del perigeo con declinación norte, y menos de la mitad, o sea **345** tan sólo, en el mismo número de fechas alrededor del apogeo con declinación sud; en cuanto al número de días lluviosos, las sumas son **84** y **72,** respectivamente.

En los 31 grupos de 240 fechas escogidas a base fortuita, el día del mes, la probabilidad de combinar dos valores que difieran en un 112 % entre sí es 14/465, ó menos de 1/33; es evidente que si los grupos constasen de 363 fechas, como los dos discutidos, la probabilidad de encontrar tal diferencia sería aún mucho menor (2).

Este resultado adquiere una fuerza demostrativa mayor aún al relacionarlo con el promedio normal. Si, prescindiendo de la acción lunar, consultamos las estadísticas deducidas de 25 años de observacion (3), vemos que a un año ó 365 días corresponde una cantidad de lluvia igual a 488 mm. y un número de días lluviosos igual a 77; comparando con este valor las dos sumas halladas anteriormente, vemos que en los 363 días relacionados con el perigeo de declinación norte, el exceso de lluvia es de 245 mm. sobre el valor medio probable, mientras que en los 363 días relacionados con el apogeo de declinación sud, el defecto es de 143 mm.; esto es, ambos valores se desvían del valor probable en el sentido reclamado por la teoría. El que la desviación negativa sea de menor amplitud que la desviación positiva proviene de que durante el *lunisticio* sud, si bien llueve menos que durante el *lunisticio* norte, llueve, no obstante, más que cuando la Luna está en las cercanías del ecuador, según indica la curva de la fig. 2, de conformidad con el efecto marea.

También el número de días lluviosos presenta un exceso de 7 en el primero de los dos grupos estudiados, correspondiente al perigeo, y un defecto de 5 en el grupo semejante alrededor del apogeo.

---

(1) Hemos escogido los días siguientes al perigeo y no los anteriores, porque, como hemos visto, el influjo lunar en éstos es mayor.

(2) La desviación normal o *standard*, $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\Sigma d^2}$, en que Σd^2 representa la suma de los cuadrados de las desviaciones individuales respecto del valor medio, resulta, para los 31 grupos de 240 fechas (pág. 11), igual a 0'49; y la desviación probable, $0'49 \times 0'6745 = 0'33$; mientras que la desviación hallada para las 363 fechas del perigeo con declinación positiva es 0'74, ó 1'51 veces la desviación *standard*, lo que, interpretado según las fórmulas clásicas del cálculo de errores, da una probabilidad de que sea casual inferior a un 15 %; esto prescindiendo de que grupos de 363 fechas darían desviaciones mucho menores. Aunque la serie de solos 31 términos sea de suyo insuficiente para la aplicación rigurosa de las fórmulas, el que cada término provenga del promedio de 240 fechas, y el que las desviaciones se agrupen con bastante regularidad en torno de la curva de errores, permite obtener con suficiente fundamento el grado de probabilidad de la desviación estudiada.

(3) Véase *Contribución al estudio Climatológico de la Comarca de Tortosa*, por Luis Rodés, S. J.

Aun cuando los resultados obtenidos al analizar las estadísticas del OBSERVATORIO DEL EBRO, no dejan lugar a duda sobre la realidad del efecto lunar, quisimos comprobarlo con los datos provenientes de otros tres observatorios escalonados en latitud; para ello escogimos las estadísticas de Marsella (Marignac), París (Parc St. Maur) y Potsdam, publicadas las dos primeras en *Annales du Bureau Central Météorologique de France* y en *Bulletin de l'Office National Météorologique de France*, y la última en *Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Postdam.* El haber llegado a un resultado prácticamente nulo, en los datos de París, nos movió a extender nuestras estadísticas a otra estación, y la escogimos bien lejana, New-York, en el Continente Americano y en la costa occidental del mar, donde creemos más probable que se manifieste el influjo de la Luna; los datos fueron tomados de la *Monthly Weather Review* y de *Climatological Data*, publicados por el *Weather Bureau* de los Estados Unidos, en Washington.

La suma de lluvia y número de días lluviosos (pág. LIX-LXIV) en las cinco estaciones citadas, y para cada uno de los dos grupos de 363 fechas, en torno del perigeo con declinación positiva el primero, y en torno del apogeo con declinación negativa el segundo, arrojan el siguiente resultado:

	Ebro		Marsella		París		Potsdam		New York		TOTAL	
	Lluvia en mm.	Días lluvios.	Lluvia en mm.	Días lluvios.	Lluvia en mm.	Días lluvios.	Lluvia en mm.	Días lluvios.	Lluvia en mm.	Días lluvios.	Lluvia en mm.	Días lluvios.
363 fechas												
Perigeo con declinación +	732'8	84	700'1	81	601'3	138	621·3	169	1.138'2	115	3,793·7	587
363 fechas												
Apogeo con declinación —	344·9	72	571'0	68	597'5	148	505·3	181	917·7	104	2,936·4	573

Como se ve, la cantidad de lluvia es, en conjunto, 29 % mayor en las fechas del perigeo con declinación positiva, lo que confirma los resultados del EBRO y afianza la tesis de la realidad del influjo lunar, ya que el acaso ni es constante en su actuación ni, puesto en diferentes caminos, sigue siempre una dirección determinada.

Queremos, no obstante, hacer resaltar: *a)* la amplitud de la oscilación en los datos del EBRO, muy superior a la registrada en las demás estaciones; *b)* la amplitud prácticamente nula en los datos de París; *c)* el efecto inverso, por lo que toca al número de días lluviosos, en París y en Potsdam; la explanación adecuada de estos tres hechos nos lleva a la materia del siguiente párrafo.

El Efecto Solar, real, pero diverso

Ya insinuamos, al principio de este trabajo, que la diversidad en las condiciones atmosféricas imperantes sobre una extensa región del planeta, y simultáneas con una misma fase o una misma posición de la Luna en el espacio, nada probaba en contra de un influjo real de ésta sobre los fenómenos meteorológicos, ya que el mismo argumento podía aducirse contra el influjo del Sol, causa del ciclo anual, «universalmente reconocido por un sin número de observaciones», según afirma Sir Napier Shaw, «como efectivo en todo elemento meteorológico.» Aquí añadiremos que, así como el influjo solar presenta corrimientos de fase y diferencias notables de amplitud en la onda originada por la revolución de la Tierra alrededor del Sol, aun tratándose de estaciones situadas en el mismo hemisferio, así puede también presentar semejantes características el influjo lunar en la onda, mucho menos marcada, producida por la revolución de nuestro satélite alrededor de la Tierra.

De hecho, y prescindiendo de las oscilaciones de fase y amplitud registradas en una misma localidad según los años, vemos que la mayor cantidad anual de lluvia, que en el EBRO se registra en septiembre, en París se registra en junio y octubre; y que la amplitud, que en el EBRO es de 19 a 62 mm., en París es tan sólo de 33 a 55 mm., es decir, que mientras en el *Ebro* el máximo es más de tres veces superior al mínimo, en París no llega ni siquiera al doble.

Como ilustración de nuestro aserto, y tomados de la obra de Sir Napier Shaw arriba citada (1), damos los siguientes datos sobre la fase y amplitud de la curva anual de la lluvia en milímetros para diversas estaciones del hemisferio Norte.

Estación	Potsdam	Greenwich	Roma	Victoria	Chicago	Madrid	Lisboa	Argelia
Posición geogr.	52° N 13° E	51° N 0°	42° N 12° E	48° N 123° W	42° N 88° W	40° N 4° W	39° N 9° W	37° N 3° E
Altura mínima	33 (feb. y abr.)	37 (abril)	19 (julio)	9 (julio)	51 (dicbre.)	10 (julio)	5 (julio)	4 (jul. y ag.)
Altura máxima	82 (julio)	64 (octub.)	118 (octub.)	164 (novbre.)	93 (mayo)	50 (novbr.)	111 (novbr.)	100 (enero)
Máx./mín. . . .	2'5	2'0	6'2	18'2	1'8	5'0	22'2	25'0

Creemos que estos datos son suficientemente elocuentes para demostrar lo heterogéneo del influjo solar sobre la lluvia, tanto por lo que toca a la fase como por lo que se refiere a la amplitud; en el EBRO, enero es el mes más seco y la altura de la lluvia no llega, como dijimos, a un tercio de la registrada en septiembre; en Argelia, en cambio, casi en el mismo meridiano y con una diferencia de solos 4° en latitud, enero es el mes de la máxima precipitación, y este máximo es 25 veces mayor que el mínimo de julio y agosto. A pesar de esta notable discrepancia y de estos resultados aparentemente contradictorios, nadie duda de la onda anual debida al influjo solar, por el gran número de curvas de que dispone la Meteorología y la facilidad con que dicha onda puede ponerse de relieve en un registro continuado durante varios años. No sucede así con el influjo de nuestro satélite, en primer lugar, porque requiere, para que aparezca, períodos de mucha mayor duración, y, en segundo lugar, porque son relativamente pocos los meteorólogos que han distribuído la lluvia según el curso de cada una de las variantes lunares, y, al llegar a resultados heterogéneos, los más han dudado de la correlación que existe entre ambos fenómenos. Es de esperar que, si aumenta el número de estaciones que preparen debidamente las estadísticas de lluvia según las variantes de nuestro satélite, la existencia de una correlación real, que para nosotros es cierta, se impondrá a todos.

Por nuestra parte hemos de hacer notar que la mayor cantidad de lluvia alrededor del perigeo, había sido ya señalada por algunos autores anteriores, como Van Bebber y Lamprecht (2).

Los datos relativos a las estadísticas de los cinco observatorios estudiadas en nuestro trabajo, no sólo confirman la tesis, sino que nos dicen, además, que la fase es concordante y que, en general, en el hemisferio norte llueve más con declinación positiva de la luna que no con declinación negativa; afirmación parecida a la que puede hacerse respecto del Sol, cuando se dice que, de ordinario, julio y agosto son en nuestro hemisferio los meses más secos.

---

(1) Vol. II, pág. 182 y siguientes.

(2) Véase el ya citado trabajo de W. Gotthold.

El Paso de la Luna por el Meridiano y la Lluvia

Como hicimos ya notar en páginas anteriores, las estadísticas encaminadas a poner de relieve un posible influjo del paso de la Luna por el Meridiano, en la distribución diurna de la lluvia, han sido de las más largas y laboriosas; el período estudiado abarca 30 años completos (1905 1934) o cerca de once mil días con más de nueve mil horas lluviosas anotadas según el ángulo horario de nuestro satélite.

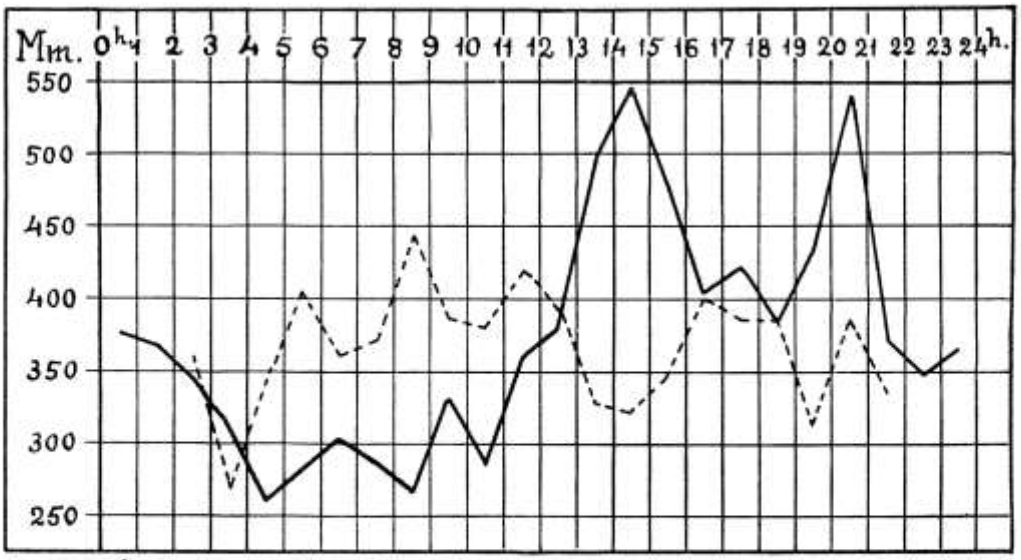
Las gráficas de la página 24 presentan en forma sintética los resultados obtenidos; en el cuadro superior se ha reproducido, como base de comparación, la curva (período de 20 años) que refleja la acción del Sol, con dos máximos bien definidos, uno de 548 mm. entre 14^h y 15^h y otro casi igual, 538 mm., entre 20^h y 21^h; y un mínimo principal, 259 mm., durante la mañana; el exceso del valor máximo, 548 mm., sobre el mínimo, es de un 111 %; la curva punteada corresponde a una distribución en la que cada ordenada está integrada por la suma de veinte valores horarios, no homogéneos, sino sucesivos, con una hora distinta tomada de cada uno de los veinte años que integran el período estudiado; ha bastado esto para que el influjo solar quedase desfigurado y la dispersión de los valores extremos reducida casi a la mitad; la simple inspección de las dos curvas refleja el efecto de una causa real en la continua, y el efecto del acaso en la segunda; la dispersión en esta última habría sido aun mucho menor si los valores horarios se hubiesen entremezclado más entre sí, tomándolos diferentes, no cada año, sino cada mes, y aun cada día.

En cuanto a la Luna, contando con que su influjo sobre la lluvia había de ser, necesariamente, mucho más débil y más expuesto, por consiguiente, a ser desfigurado por el efecto de causas fortuitas, extendimos la investigación a un período de 30 años, usando todos los datos actualmente disponibles en el archivo de nuestro Observatorio. El resultado viene dado por la curva de trazo continuo en el cuadro central de la citada página; salta a la vista la semejanza con la curva del influjo solar y, si se tiene en cuenta que cada punto corresponde al promedio de cerca de cuatrocientas observaciones, la posibilidad de atribuirla al acaso queda del todo descartada; aun prescindiendo de esta semejanza con la del influjo solar, la naturaleza misma de la curva indica claramente una variación bien definida según la hora lunar; la amplitud de la oscilación es de 172 mm., con un máximo principal de **662** mm. entre 15^h y 16^h (seguido de otro secundario alrededor de las 24^h) y un mínimo de **490** mm. entre 6^h y 7^h; el exceso del máximo sobre el mínimo es de 35 %.

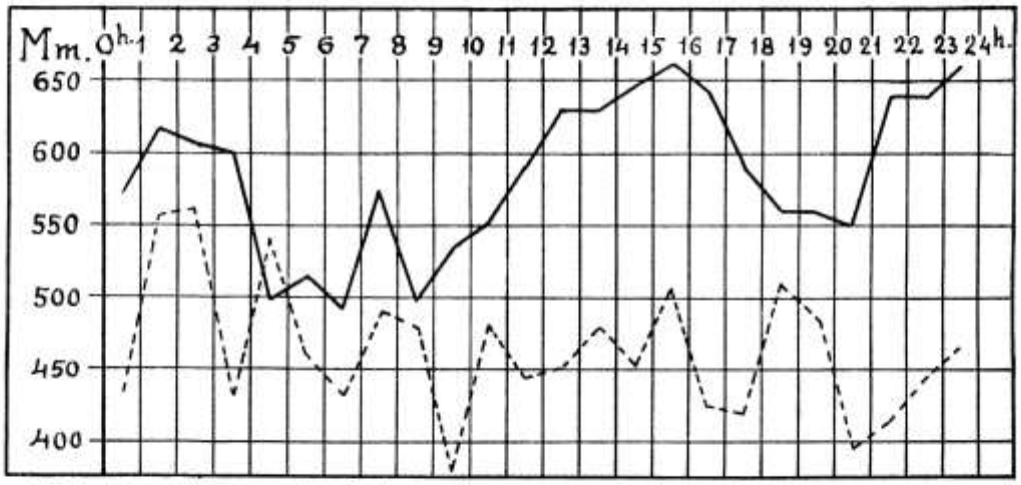
Las seis curvas de la pág. 25 (fig. 8), integradas por datos de un período que va creciendo de cinco en cinco años, muestran la persistencia del efecto lunar, y como éste, se va haciendo más y más visible y definido a medida que aumenta el número de años en que se basan las estadísticas.

Habida cuenta de que todos los resultados hasta aquí hallados llevan a la conclusión de que el influjo lunar se muestra más en la cantidad de lluvia que no en la frecuencia de días lluviosos, creímos que si dividíamos el año en dos mitades, mayo-octubre, régimen de verano en que predomina el factor cantidad; y noviembre-abril, régimen de invierno en que predomina el factor frecuencia, la curva correspondiente al régimen de verano había de reflejar mejor el efecto del paso de nuestro satélite por el meridiano, que no la curva correspondiente al régimen de invierno; el resultado fué, efectivamente, el previsto, como puede apreciarse en las dos curvas del cuadro inferior (fig. 7), de las cuales la de trazo continuo, correspondiente a los meses mayo-octubre, presenta la doble onda diurna mucho más uniforme y definida que no la de trazo punteado, propia del invierno, en la que apenas si se puede distinguir.

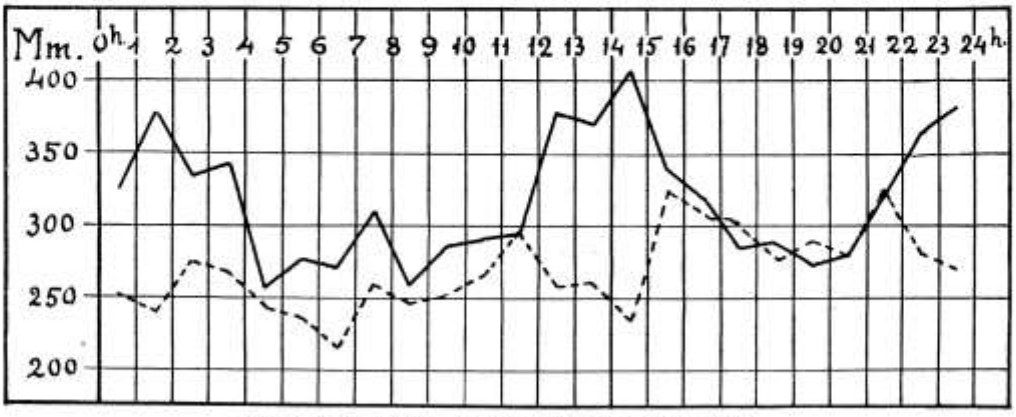
Si de la realidad del influjo de la Luna en la distribución horaria de la lluvia parece no puede dudarse, no es tan claro, en cambio, el proceso a que obedece; respecto del Sol, y en particular de nuestra comarca, según decíamos en nuestro estudio sobre la Climatología de Tortosa, «la causa de que se registren lluvias más frecuentes durante la tarde consiste en las corrientes de convección provocadas por la acción solar que produce y eleva el vapor de agua



Distribución según la hora solar:—— Id. según el azar:- - - - -



Distribución según la hora lunar:—— Id. según el azar:- - - - -



Distribución según la hora lunar.
Régimen de Verano.—— Régimen de Invierno.- - - - -

Fig. 7. Influencia del Sol, de la Luna y del azar en la distribución diurna de la lluvia. Período, para la curva solar 7,300 días; para la curva lunar 10,950 días.

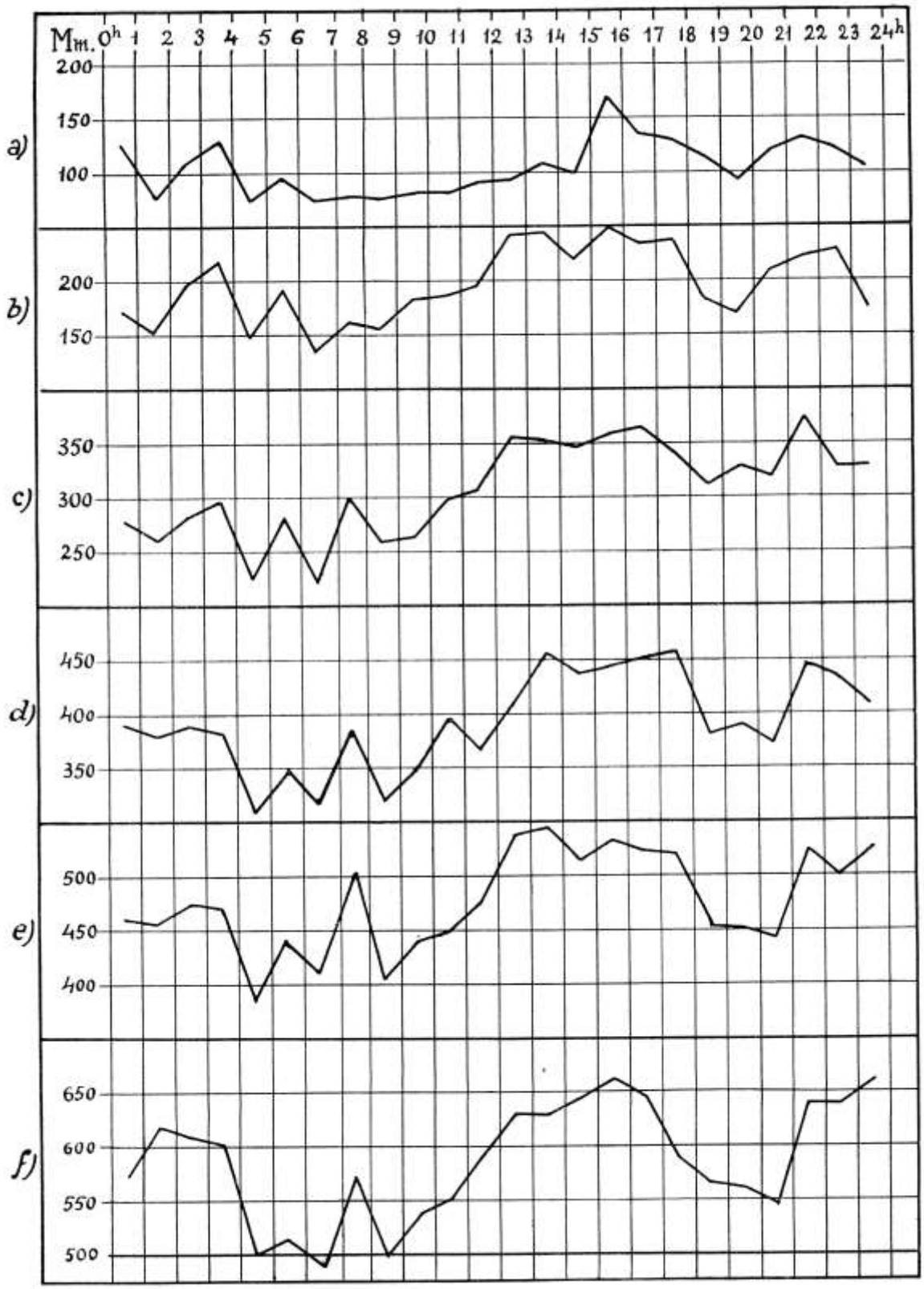


Fig. 8. Gráficas que muestran cómo el influjo del paso de la Luna por el meridiano en la distribución horaria de la lluvia se va haciendo más y más definido a medida que el período analizado es más largo; el número de años va creciendo de cinco en cinco, y para la última curva es de 30.

para condensarlo en las altas regiones; régimen que viene favorecido por la vecina cordillera del Caro con sus reservas de bosques; el exceso, en cambio, de precipitación durante la noche, en el régimen de invierno, puede provenir del enfriamiento y consiguiente sobresaturación del vapor de agua, en una atmósfera quieta, al quedar sustraída a la acción directa del calor solar»; es decir, que el influjo solar en la distribución diurna de la lluvia se deja explicar muy bien por un efecto de origen térmico. Al influjo lunar, en cambio, es evidente que no puede señalársele el mismo origen, aun cuando es posible que la variación en la radiación total intervenga también en grado mínimo; aquí el factor principal es, sin duda, como expondremos luego, el efecto marea, y la doble onda del día lunar refleja el paso superior y el paso inferior de la Luna por el meridiano local, con un corrimiento de fase de dos o tres horas.

La fase Lunar y la Lluvia

Los valores obtenidos para los dos grupos de 247 fechas cada uno, en los días de Luna nueva y Luna llena, son, respectivamente, 320 y 246 mm., con promedios diarios de 1'30 y 0'99 mm., cuya dispersión es inferior a la dispersión probable que puede esperarse del azar, conforme los datos del cuadro sinóptico de la página 11; de hecho se encuentran allí dos grupos de 240 fechas a base arbitraria, los días 2 y 9 de cada mes en 20 años, de los cuales el primero figura con un promedio de lluvia que no pasa de un tercio del que corresponde al segundo; este resultado indica la cautela con que debe procederse al comparar valores que no procedan de un número suficiente de fechas para eliminar el influjo de causas fortuitas.

Tomando grupos de cinco días centrados en cada una de las 247 fechas del novilunio y del plenilunio, el número de sumandos se eleva para cada grupo a 1,235, y los promedios diarios son, respectivamente, 1'16 y 1'36; este resultado, invertido respecto del anterior, si bien es de mayor peso por fundarse en un número de fechas cinco veces mayor, carece asimismo de fuerza demostrativa por quedar la dispersión hallada dentro de los límites de la que nos ofrece el azar; los ocho grupos de 1,200 fechas a base arbitraria, provenientes de cinco días alrededor de ocho fechas de cada mes, nos dan promedios diarios de 1'08 y 1'48, que difieren más aún entre sí que los hallados al comparar los del novilunio y plenilunio; basta ver el cuadro de la página 12 y la curva de la fig. 5 para convencerse de que ninguna conclusión definitiva puede sacarse de nuestros datos.

Como, según vimos al correlacionar la distancia lunar con la lluvia, el efecto máximo tiene lugar unos días después del perigeo, hemos comparado también, aisladamente, los datos procedentes de los dos días que siguen a la fecha del *novilunio* con los dos que siguen a la fecha del *plenilunio*, obteniendo dos grupos de 494 días cada uno, para los cuales la lluvia total es, respectivamente, 643 y 714 mm.; los promedios diarios, 1'30 y 1'45, no arrojan más luz para decidir sobre la realidad del influjo de la fase lunar en la cantidad de precipitación; cierto, el resultado es más bien favorable, ya que el promedio diario de lluvia, durante el período de 25 años, es, en el Observatorio del Ebro, 1'33 mm., y el hallado para el grupo de fechas integrado por los dos días siguientes a la Luna llena, es un 11 % más elevado; además, habida cuenta del retraso o inercia en el efecto lunar, los valores 1'16, 1'19, 1'36 y 1'30, hallados respectivamente para cada una de las cuatro fases: Luna nueva, cuarto creciente, Luna llena, cuarto menguante, corresponden al curso seguido por la intensidad de la luz de la Luna y hacen más probable su mutua dependencia; conviene, por consiguiente, anotar el hecho de que las estadísticas del Observatorio del Ebro confirman más bien el resultado hallado por Lamprecht de que llueve más alrededor de Luna llena que no alrededor de Luna nueva; pero una prueba definitiva requiere estadísticas que se extiendan a mayor número de años.

En la misma indecisión nos dejan los datos relativos a la lluvia en cuarto creciente y cuarto menguante, los cuales, tomando grupos de 1,235 fechas, nos dan, respectivamente, promedios de 1'19 y 1'30, que caen ambos dentro de los límites de la dispersión probable.

Posible causa de la influencia lunar

¿Cuál puede ser el proceso en virtud del cual la Luna favorece la formación de lluvia en nuestra atmósfera? No es fácil precisarlo; pero parece no pueden entrar en juego otros factores que la *radiación* y la *atracción:* la radiación nocturna que, ionizando el aire, proporciona un aumento de núcleos y facilita, por lo mismo, la condensación del vapor de agua, y la atracción que, con la mayor intensidad de la marea, agita nuestra atmósfera en mayor escala y hace más probable el régimen de lluvia.

Tomando 15° como declinación lunar media en el primer grupo de fechas en torno al *perigeo*, y —15° en el grupo opuesto, en torno del *apogeo*, la intensidad de la radiación al pasar la Luna por el meridiano variará entre los límites $i \cos(\varphi - 15°)$ y $i \cos(\varphi + 15°)$, en que i es la intensidad de la radiacion, supuesta la Luna en el zenit, y φ la latitud del lugar; si $\varphi = 40°$, los límites serán $i \cos 25°$ y $i \cos 55°$, o sea $0'906i$ y $0'573i$, con un 58 % de exceso en la intensidad de la radiación lunar en el grupo de fechas con declinación positiva.

La intensidad de la radiación viene también modificada por el cambio de distancia; si tomamos 370,000 kilómetros como distancia media de la Luna durante los once días centrados alrededor del *perigeo* (1), y 397,000 durante otras tantas fechas en torno del *apogeo*, la intensidad de la radiación obtenida, que varía según la inversa del cuadrado de la distancia, será, asimismo, por este motivo, un 15 % más elevada en el primer período que no en el segundo. Aun cuando este exceso de radiación, debido a las dos causas apuntadas, puede influir algo en la evolución del proceso lluvioso, no se le puede asignar un papel principal, ya que, en este caso, deberían diferir mucho más entre sí los valores obtenidos al comparar las cantidades de lluvia alrededor de las fechas de Luna llena y Luna nueva.

El efecto marea, inversamente proporcional a la tercera potencia de la distancia, varía en un 23 %, y consideramos muy probable se deba a él la acción diferencial de la Luna en la cantidad de lluvia, no tanto considerando el efecto en sí mismo, sino en cuanto a toda mayor variación de las fuerzas atractivas, corresponde un movimiento mayor en las masas del aire desplazadas para restablecer el equilibrio; y todo movimiento, en grande escala, de masas de aire a diferente temperatura, cuales son las que se extienden sobre los mares y sobre los continentes, y también las que se hallan a diferentes niveles, favorece la condensación y precipitación del vapor de agua al poner en contacto y entremezclar corrientes de aire caliente con otras de aire frío.

Esta explicación viene corroborada, además, por el análisis de nuestras gráficas; así, la que corresponde a la declinación, fig. 2, no sólo indica mayor cantidad de lluvia y mayor número de días lluviosos con declinación positiva, sino que, además, presenta dos máximos bien definidos en las dos posiciones extremas de la Luna respecto del ecuador, como aparece más claramente cuando, como se ha hecho en la fig. 9, se yuxtaponen las dos curvas para formar una sola que corresponda al curso de la declinación lunar. Nótese que en esta nueva forma se ha tenido en cuenta el tiempo que permanece la Luna entre los límites de una declinación determinada, factor de que podía prescindirse cuando se trataba solamente de comparar la lluvia caída con declinación positiva y declinación negativa; aquí, en cambio, al pretender poner de relieve cómo la cantidad y frecuencia de lluvia crece con el valor absoluto de la declinación, era necesario comparar duraciones iguales.

De los 20 años que abarcan nuestras estadísticas, figuran 10 en los cuales nuestro satélite no ha alcanzado una declinación superior a 25°; los valores, pues, entrados en las columnas extremas $\pm L$ $\pm 25°$ deberían ya, por sólo este concepto, doblarse; pero así y todo quedarían inferiores al valor real probable por el hecho de que, siendo los límites de la declinación $\pm 28°$, el tiempo empleado en recorrer tres grados no puede compararse con el empleado en recorrer cinco grados; por esto descartamos dichos valores.

---

(1) Deducida esta distancia como la otra correlativa, de los diámetros aparentes medios 964" y 901", que figuran en las efemérides astronómicas.

Aplicando el mismo raciocinio a la declinación comprendida entre ±25° ±20°, vemos que los años en que estos límites no han sido alcanzados son cuatro entre veinte; por lo tanto es obvio que si en t años se han registrado a mm. de lluvia, en $t + 1/4$ se registrarían $a + 1/4$, y esta es la corrección que se ha aplicado a los valores; aun deberían subirse un poco más por razón de que ha habido varios años en los cuales algunas lunaciones no han alcanzado la declinación ±25°; pero esto basta para explicar el que los máximos de lluvia no caigan precisamente en las últimas columnas, aun cuando correspondan a declinaciones extremas de nuestro satélite, que son las que en nuestras latitudes producen un efecto máximo de marea, de

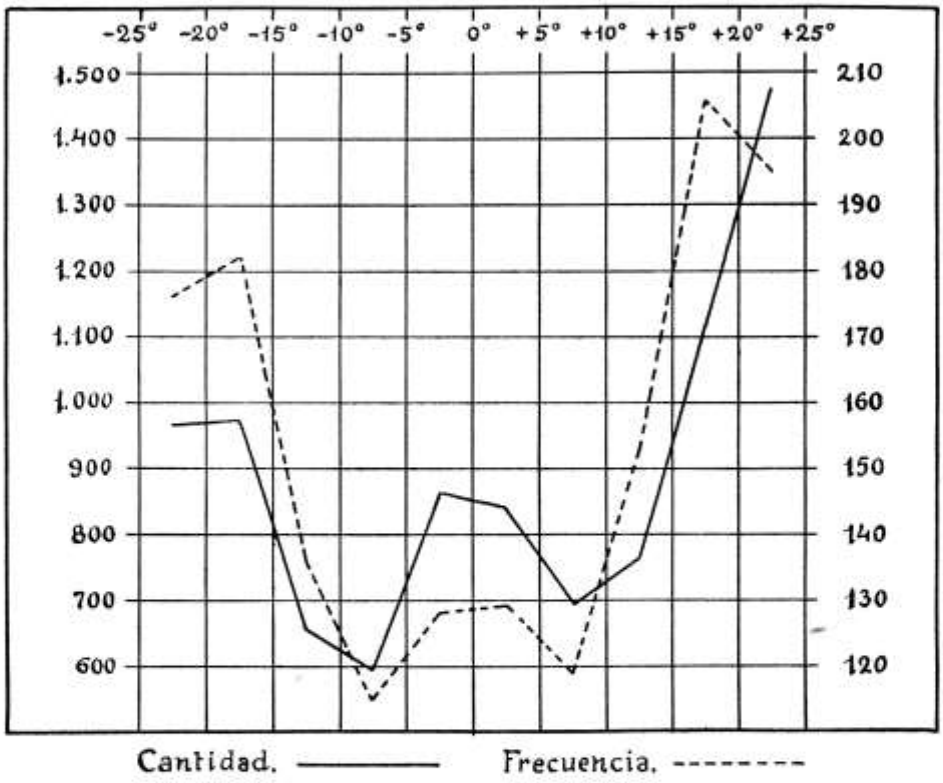


Fig. 9. Influencia de la declinación lunar en la lluvia; las ordenadas son, respectivamente, milímetros para la cantidad, y días para la frecuencia

conformidad con los requerimientos de la teoría, y según pudimos comprobar experimentalmente en el lago subterráneo *Martel* (cuevas del Drach, Mallorca), al estudiar sus cambios de nivel, cambios que, por tratarse de vasos comunicantes, eran también los del Mediterráneo (1).

La marea, de unos cuantos centímetros tan sólo de amplitud, presentaba, cuando la declinación era positiva, un máximo principal al paso superior de la Luna por el meridiano local, y un máximo secundario al paso inferior; mientras que, con la declinación negativa, el orden se invertía, y el máximo principal, aunque menos intenso, correspondía al paso inferior de la Luna por el meridiano. Con el aumento de declinación en valor absoluto, iba aumentando la amplitud del máximo principal y acercándose a cero la del máximo secundario; cuando la Luna, en cambio, se hallaba en las cercanías del ecuador, la amplitud, si bien, naturalmente, menor, era casi igual en los dos, lo que, sin entrar en otros pormenores impropios de este trabajo, puede dar razón del pequeño máximo central en la curva de la lluvia.

(1) Para más datos, véase «Los cambios de nivel en las Cuevas del Drach, etc.», por Luis Rodés, S. J. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, vol. XIX, n.° 7, julio de 1925.

La Luna y las Nubes

La curva de la figura 10 da, en décimas partes del cielo cubierto, el promedio de la cantidad de nubes correspondiente a grupos de 1,235 fechas, integrados cada uno por los valores obtenidos en los cinco días centrados alrededor de la variante lunar respectiva, y el mismo promedio para grupos de 1,200 fechas escogidas al azar, a base de cinco días alrededor del 3, 10, 17 y 25 de cada mes, durante un período de veinte años.

La mayor cantidad de nubes, 4'08, en el grupo de 1,235 fechas alrededor del plenilunio, descuella en forma tal que no es posible atribuirlo a la casualidad; el exceso, respecto del valor hallado para el novilunio, 3'78, alcanza un 8 %, cuando en los grupos de 1,200 fechas al azar el exceso del promedio máximo sobre el promedio mínimo sólo es de 2 % ó cuatro veces inferior (1). Nuestros resultados corroboran, pues, las conclusiones, de menor peso por

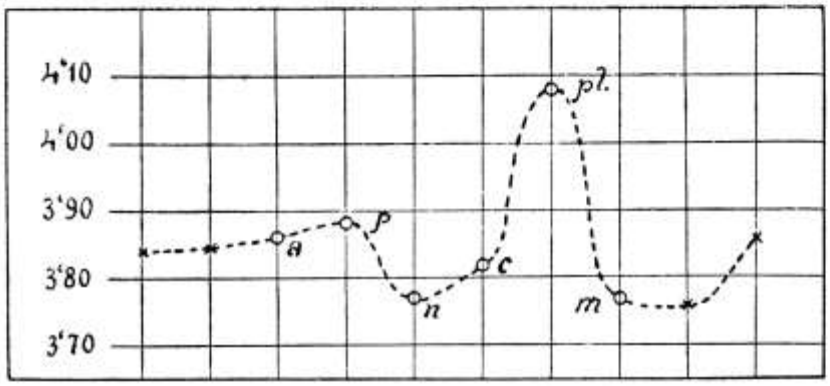


Fig. 10. Cantidad de nubes según la distancia y fases de la Luna; las estrellitas representan grupos de 1,200 fechas escogidas al azar; los circulitos, grupos de 1,235 alrededor de cada una de las variantes lunares.

basarse en períodos de menos años, a que han llegado otros autores como Liznar y Ekholm, a los que se adhiere el autor del trabajo ya citado, Gotthold Wagner. Respecto de las demás fases, los promedios hallados son prácticamente iguales, sin que en ellos se advierta la huella del influjo lunar.

Aun cuando no siempre un promedio más elevado de lluvia va asociado a una mayor nebulosidad, la correlación es, en general, directa, y el haber hallado mayor cantidad de lluvia en las 1,235 fechas alrededor de la Luna llena, corrobora el exceso de nubes que arrojan nuestras estadísticas alrededor de la misma fase.

Es bien curioso que el influjo de la Luna en las nubes de nuestra atmósfera sea precisamente opuesto al que le atribuye la creencia, muy extendida en el vulgo, de que más bien las rasga y disipa; la explicación de esta aparente paradoja hay que buscarla en un hecho psicológico, de naturaleza inconsciente, y es que, cuando se rasgan y disipan las nubes en una noche de Luna, lo cual sucede naturalmente varias veces, la imagen de esa misma Luna, brillando entre nubes que desaparecen hasta dejar el cielo completamente sereno, queda grabada en el espíritu y almacenada con otras semejantes en el tesoro de la subconciencia;

---

(1) La desviación *standard* de los diez grupos, respecto del promedio 3'85, es 0'08 si se incluye la propia de las fechas del plenilunio, y 0'04 si ésta se excluye; aplicando el criterio expuesto en la nota 2ª de la página 20 y con las limitaciones allí indicadas, la probabilidad de hallar una desviación casual de 0'23 propia del grupo de fechas del plenilunio, es inferior al uno por ciento, en el primer caso, y al uno por cien mil en el segundo.

mientras que ni la Luna llena en un cielo nublado, ni la Luna nueva en cielo despejado, pueden dejar su correspondiente imagen por que no se ven. Algunos apuntan como causa probable del exceso de nubes alrededor de Luna llena, el que en tales condiciones son más visibles que no en noches sin Luna; pero, aún admitiendo que la Luna sirva mejor que las estrellas para apreciar la parte del cielo cubierta por las nubes, el argumento valdría para las observaciones de noche, y no para las que se hacen durante el día que, en nuestras estadísticas, figuran en número doble.

Viento, Presión y Temperatura en relación con la Luna

El resultado de la comparación de estos tres meteoros con las dos variantes lunares *fase* y *distancia*, viene dado de una manera sintética en la adjunta tabla.

1910-1929	Luna Nueva	Cuarto Cte.	Luna Llena	Cuarto Mgte.	Apogeo	Perigeo	1200 fechas 1 al 5	1200 fechas 3 al 7	1200 fechas 8 al 12	1200 fechas 10 al 14	1200 fechas 14 al 18	1200 fechas 16 al 20	1200 fechas 21 al 25	1200 fechas 23 al 27
Recorrido viento	349'0	353'4	331'1	351'7	346'4	344'0	349'4	344'3	346'7	347'1	344'9	345'2	348'1	351'9
Presión.	58'37	58'75	58'64	58'49	58'40	58'73	58'58	58'46	58'71	58'81	58'97	58'91	58'48	58'49
Temperatura . .	16'73	17'12	17'04	16'95	16'89	17'02	16'87	16'98	16'66	16'66	16'81	16'86	17'05	17'00

Viento. Desde luego se observa la extraordinaria desviación que presenta su recorrido medio diario en las 1,235 fechas alrededor del plenilunio; su valor es hasta ocho veces superior a la desviación media (aritmética) de los 14 grupos integrados por un número equivalente de fechas; incluso la dispersión *máxima* en los promedios provenientes de los ocho grupos de 1,200 fechas a base del día del mes, junto con los otros cuatro de 1,235 a base del

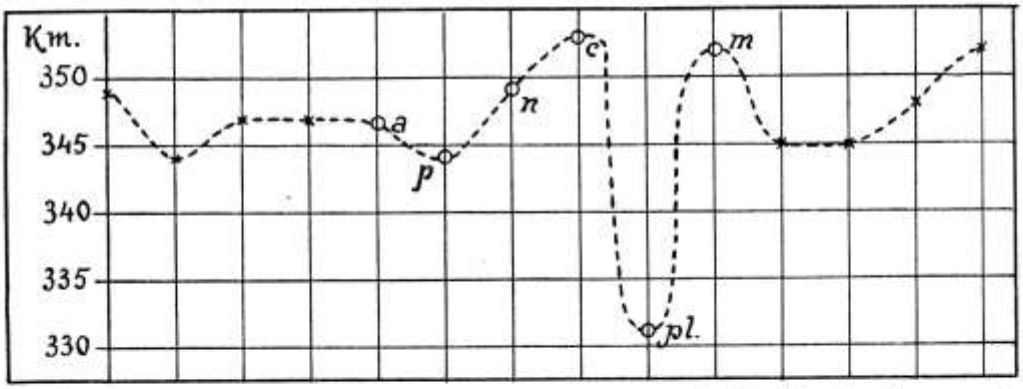


Fig. 11. Recorrido medio diario del viento en seis grupos de 1,235 fechas cada uno alrededor de la variante lunar y en ocho grupos de 1,200 fechas escogidas al azar.

perigeo-apogeo y del cuarto creciente-cuarto menguante, es de 9 km./día, o una mitad tan sólo de la hallada al comparar entre sí los dos grupos de Luna nueva y Luna llena; el efecto se hace particularmente visible en la gráfica de la fig. 11.

Los datos aislados obtenidos en la preparación de la estadística de la página 11, nos proporcionan un argumento más convincente aún en favor de la realidad del influjo lunar

sobre la velocidad del viento. Los siete binarios pares y los siete binarios impares en los días del mes constituyen 14 grupos de 480 (=2 × 12 × 20) fechas, cuyos promedios y desviaciones correspondientes son:

Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
356'3	+ 8'2	347'9	—0'2
341'9	— 6'2	342'7	—5'4
351'9	+ 3'8	343'0	—5'1
351'2	+ 3'1	352'2	+4'1
337'9	—10'2	347'5	—0'6
338'2	— 9'8	350'2	+2'1
355'6	+ 7'5	356'4	+8'3

La desviación máxima es 10'2 km.; como se ve, a pesar de que el número de fechas de cada grupo no llega a 2/5 del que integra el grupo del plenilunio, en ninguno de ellos la desviación alcanza, ni de mucho, el valor de 17 km./día hallado para el último; el efecto ha de atribuirse, pues, a una acción real de la Luna, la cual, en su fase llena, tiende a estabilizar el equilibrio atmosférico y disminuir la velocidad del viento (1).

Este resultado es del todo consistente con la mayor cantidad de nubes y de lluvia que se ha hallado alrededor de la misma fase.

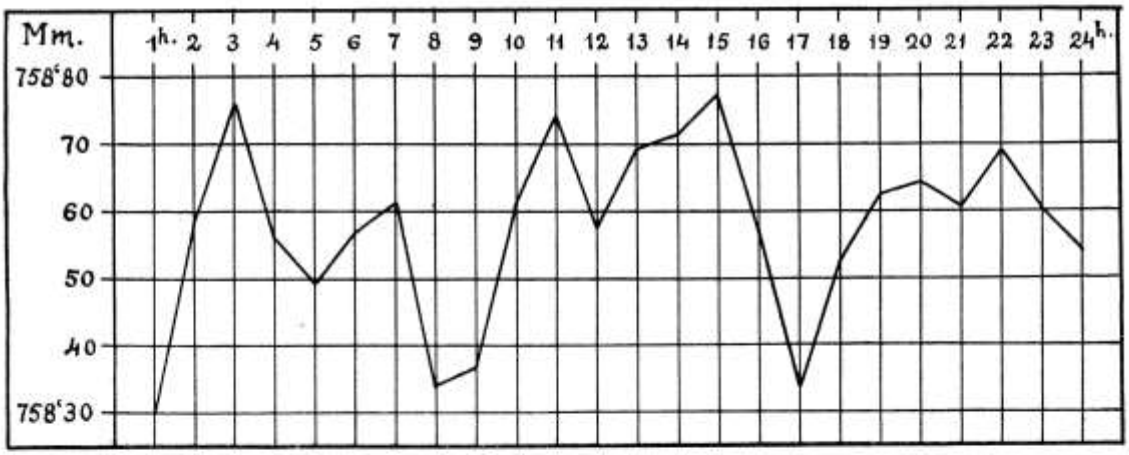


Fig. 12. La presión barométrica y la hora lunar

Presión. Ninguna conclusión permiten deducir los promedios hallados respecto de la influencia de la fase y de la distancia lunar en la presión atmosférica; la dispersión en los grupos a base lunar, 0'38, es inferior a la obtenida en los grupos de 1,200 fechas al azar, 0'49 mm., lo cual no excluye el que, en otras regiones o en otras estadísticas, pueda encontrarse.

En cambio, el paso de la Luna por el meridiano se refleja, al parecer con bastante probabilidad, en la distribución horaria de la lluvia, como puede verse en la figura 12; la gráfica fué obtenida en la forma expuesta en la página 9, y las ordenadas representan el valor medio de las seiscientas o setecientas lecturas de la presión barométrica hechas dentro de la hora

(1) Es evidente que las desviaciones provenientes de estos 14 grupos de 480 fechas son muy superiores a las obtenidas en los grupos de la gráfica, que constan, por lo menos de 1,200, y que, por consiguiente, el tratarlas a todas por igual será en desventaja de nuestra tesis; pues bien, aun así la desviación de 17 km./día que arroja el promedio de las 1,235 fechas alrededor del plenilunio, resulta 3'46 veces mayor que la desviación *standard* de los los 27 grupos restantes, y la probabilidad de que ocurra, del orden de diez milésimas.

lunar que termina en la que figura escrita en la parte superior (1); la amplitud de la oscilación no llega a medio milímetro, y aunque la interpretación de la curva no es fácil ni pretendemos hacer de la misma un análisis riguroso, parece se reflejan bastante bien en ella los dos pasos superior e inferior de la Luna por el meridiano local, con un corrimiento de fase de unas tres horas; del tercer máximo, menos pronunciado, alrededor de las 22^h, y del tercer mínimo, muy marcado a la 1^h, no nos atrevemos a formular ninguna interpretación; esperamos que el resultado de nuestras estadísticas, combinado con el hallado por otros autores, servirá al menos de material para ulteriores estudios, teniendo en cuenta la variación que la latitud ejerce en el efecto marea. También parece reflejarse en nuestras curvas un harmónico, de cuatro horas de período, superpuesto al período principal.

Temperatura. Si se tiene en cuenta que tanto la lluvia como las nubes, y aun en muchas ocasiones el mismo viento, ejercen un efecto inverso sobre la temperatura según la época del año, subiéndola en invierno y bajándola en verano, era de prever que ninguna correlación se hallaría al relacionarla con las variantes lunares; efectivamente, la dispersión 0'39°, que, como se ve, no llega a cuatro décimas de grado, es exactamente la misma en los grupos de fechas a base de la fase y de la distancia lunar que en los grupos a base fortuita.

La Luna y los Cambios de Tiempo

Como expusimos ya en la explanación de las estadísticas, el objeto de esta nueva investigación es distinto del que nos propusimos en las páginas que anteceden, si bien, en cierto modo, puede considerarse como un complemento del mismo.

Demostrado el influjo de la Luna en los fenómenos de nuestra atmósfera, en un sentido determinado, es natural que el tiempo varíe, siquiera en grado casi insensible, con la variante lunar, y que, por consiguiente, en torno a esta variación los elementos meteorológicos discrepen más entre sí.

El resultado de las estadísticas de 20 años viene dado en la tabla adjunta, que contiene en resumen los datos que figuran en las págs. XLII-LI, y fueron obtenidos en la forma explanada anteriormente.

LUNA NUEVA	Nubes Diferencias		Temperat.ª Diferencias		Presión Diferencias		Lluvia Diferencias	
	1.as	2.as	1.as	2.as	1.as	2.as	1.as	2.as
Promedio	3'0	3'0	2'0	2'2	3'52	4'17	1'66	2'00

CUARTO CRECIENTE	Nubes Diferencias		Temperat.ª Diferencias		Presión Diferencias		Lluvia Diferencias	
	1.as	2.as	1.as	2.as	1.as	2.as	1.as	2.as
Promedio	3'0	3'2	2'1	2'4	3'34	4'24	2'08	1'46

LUNA LLENA	Nubes Diferencias		Temperat.ª Diferencias		Presión Diferencias		Lluvia Diferencias	
	1.as	2.as	1.as	2.as	1.as	2.as	1.as	2.as
Promedio	3'2	3'5	1'9	2'4	3'60	4'25	2'61	2'37

CUARTO MENGUANTE	Nubes Diferencias		Temperat.ª Diferencias		Presión Diferencias		Lluvia Diferencias	
	1.as	2.as	1.as	2.as	1.as	2.as	1.as	2.as
Promedio	2'9	3'4	2'2	2'4	3'39	3'39	2'37	1'74

Desde luego se observa que, a excepción de la lluvia, las primeras diferencias son siempre menores que las segundas, lo cual es mera consecuencia del carácter de continuidad

(1) El que el número de lecturas no sea igual en todas las horas, se debe, además de algunos fallos reales, sobre todo al principio y final del día, al hecho de que al pasar de la hora solar a la hora lunar, puede haber ambigüedad entre dos horas consecutivas, decidiéndose el lector por una o por otra, según los casos; conocido el número de sumandos, el promedio no viene alterado, y los valores pueden correrse, a lo sumo, una hora.

que, en general, presentan los cambios de tiempo; es obvio que, cuanto más cercanos sean los puntos de la curva considerados, menos discrepen entre sí los valores de las ordenadas que la originan, hasta convergir en uno solo para un intervalo límite cero; y así vemos que la cantidad de nubes, la temperatura y la presión, difieren más, en promedio, cuando se toman valores separados por un intervalo de tres días (segundas diferencias), que no cuando se comparan valores separados por un solo día (primeras diferencias); esto en todas las fases; al ir aumentando más la separación, o sea al tomar valores distanciados por intervalos de tiempo cada vez más largos, el factor variación iría desapareciendo para dejar lugar exclusivamente al factor contingencia, que tiende de nuevo a igualar los resultados al aumentar el número de sumandos.

La lluvia, en cambio, por ser un fenómeno discontinuo y cuya duración no excede ordinariamente de un día, presenta, en general, las primeras diferencias más pronunciadas que no las segundas, indicando un cambio mayor en las dos fechas separadas por un día que en las separadas por tres días intermedios.

En cuanto al influjo que en estas variaciones o diferencias puedan tener las fases, es evidente que si, de acuerdo con la creencia vulgar, un cambio de Luna produjese un cambio de tiempo, las diferencias alrededor de la Luna nueva deberían ser mayores que las registradas alrededor de las otras fases de una misma lunación; recorriendo los diversos meteoros encontramos: 1.° la *presión* ha variado, practicamente, con la misma amplitud alrededor de cada una de las fases con los valores 3'5, 3'3, 3'6 y 3'4 mm. para las diferencias primeras, y 4'2, 4'2, 4'2 y 4'0 para las segundas; si alguna fase se distingue por presentar una amplitud media de las variaciones algo mayor, es precisamente la Luna llena, de suerte que, si alguna conclusión pudiera sacarse de nuestros datos, más bien debería ser opuesta a la creencia de que los cambios de tiempo se producen con los cambios de Luna. Lo mismo prueba la estadística de la amplitud de la oscilación barométrica en las tres lecturas correspondientes al mismo día de la fase cuyo promedio, en las 247 lunaciones estudiadas, da, respectivamente, 1'8, 1'9, 2'2 y 2'3 para las fechas de Luna nueva, cuarto creciente, Luna llena y cuarto menguante, indicando una variación diurna mayor en los días de las dos últimas fases. 2.° *temperatura:* tampoco aquí hay discrepancia notable en las amplitudes: 2'0°, 2'1°, 1'9° y 2'2° en las fechas inmediatas a la fase, y 2'2°, 2'4°, 2'4°, 2'4° en las mediatas; la mayor amplitud, dentro de una constancia extraordinaria que indica una compensación completa de las causas fortuitas y excluye el efecto Luna, se registra alrededor del cuarto menguante. 3.°, *nubes:* los valores de las diferencias en décimas partes de cielo cubierto, son, respectivamente, 3'0, 3'0, 3'2 y 2'9 para las primeras y 3'0, 3'2, 3'5 y 3'4 para las segundas; de nuevo, si algún cambio hay más acentuado, es precisamente el que tiene lugar en las fechas de Luna llena y cuarto menguante. 4.°, *lluvia:* las diferencias halladas son 1'7, 2'1, 2'6 y 2'4 mm. las primeras, y 2'0, 1'5, 2'4 y 1'7 mm. las segundas, lo que nos dice que el mayor cambio en el promedio de precipitación acuosa tiene lugar al comparar los días inmediatamente antes e inmediatamente después de la Luna llena y del cuarto menguante; lo que confirma que, de probar algo nuestras estadísticas, prueban más bien un influjo de la Luna opuesto al que le atribuye la opinión del vulgo, ya que el régimen de tiempo presenta variaciones de mayor amplitud dentro de una misma lunación, alrededor de la fase llena, que no en el cambio de lunación, alrededor del novilunio; y nótese que el resultado es el mismo si se consideran aisladamente cada uno de los decenios 1910-1919 y 1920-1929.

El dicho vulgar, *cambio de Luna, cambio de tiempo*, no tiene fundamento alguno en nuestras estadísticas.

Conclusión

Del análisis de nuestras estadísticas consideramos plenamente establecido el influjo de las tres variantes lunares *declinación, distancia* y *paso por el meridiano* sobre la cantidad de *lluvia;* este influjo, si bien real, es de poca intensidad y, lejos de manifestarse con la evidencia con que se manifiesta el influjo solar, aparece tan sólo como entre celajes y de una manera discontinua; para ponerlo de relieve se necesitan series de observaciones convenientemente preparadas según los datos de las efemérides astronómicas, y tales que se extiendan a un período de muchos años; el influjo preponderante es el de la declinación, y a éste sigue el de la distancia. Debido al efecto de las causas fortuitas creemos desprovistas de todo valor científico las estadísticas que no se extiendan, por lo menos, a más de cinco años, y casi diríamos a más de diez.

Cuando las estadísticas se extienden a un período de tiempo suficientemente largo, el que los resultados obtenidos sean diferentes según las condiciones locales del punto de observación, nada prueba en contra de la realidad del influjo lunar, ya que igual heterogeneidad presenta el influjo del Sol apesar de ser de una intensidad mucho mayor.

Aparece igualmente cierto el influjo de la *fase* lunar en la *cantidad de nubes* y en el *recorrido diario* del viento, con mayor nebulosidad y más calma atmosférica en las fechas alrededor de la Luna llena; el que la cantidad de lluvia sea también mayor, si bien es éste el resultado que arrojan nuestras estadísticas, no puede atribuirse con igual certeza a un efecto de la Luna, por ser la dispersión obtenida menor que la proveniente de un número comparable de fechas escogidas al azar.

No hablamos ni de períodos ni de ondas en las curvas porque, dadas las fluctuaciones de las variantes lunares, es casi imposible ponerlas de relieve por minucioso que sea el análisis a que se las sujete. Si se ha dicho de la Luna, y con razón, que en sus caprichos sacude el freno de los números,

Subdita nullo hactenus Astronomo
Numerorum frena recusat,

mucho mejor debe aplicarse tal calificativo a los efectos que su influjo puede causar en nuestra atmósfera.

La creencia vulgar de que el tiempo cambia con la Luna, no tiene fundamento alguno en la larga serie de observaciones a que se extienden nuestras estadísticas.

Aun cuando el haber demostrado—a lo que creemos de una manera definitiva—la realidad del influjo lunar en el tiempo, tiene verdadero interés desde el punto de vista teórico, en la práctica hay que convenir en que su utilidad es, practicamente, nula, ya que lo único que permite afirmar con seguridad de acierto, respecto de la lluvia, por ejemplo, es que el promedio diario de precipitación durante un período de tiempo suficientemente largo, será mayor alrededor de las fechas de los lunisticios y del perigeo, que no alrededor de los días en que nuestro satélite se encuentra a la máxima distancia, y en las vecindades del plano ecuatorial.

El que, en nuestras latitudes, pronosticase a largo plazo que el promedio mensual de lluvia será mayor en mayo que en agosto, correrá peligro de equivocarse si se refiere, precisamente, a un año determinado; pero podrá estar completamente seguro de acertar si aplica el pronóstico, en conjunto, a un período, por ejemplo, de veinte años; la razón es que, durante un período de tal extensión, el influjo solar, mucho más intenso y definido que el de nuestro satélite, no podrá menos de manifestarse. De la misma manera, quien pronostique más lluvia en las fechas del perigeo con máxima declinación positiva, o más nubes y menos viento en las fechas del plenilunio, podrá equivocarse, y se equivocará de hecho muchas veces, si vincula su pronóstico a una lunación en particular, pero acertará, sin duda, si se refiere al promedio de varios centenares de lunaciones.

Nosotros no tenemos reparo alguno ni temor de errar en afirmar que, en nuestras regiones y durante los próximos veinte años, lloverá *más* (nótese que decimos *más* y no *más veces*, lo cual no es tan seguro) en las fechas del lunisticio que no en las fechas en que la declinación de la Luna esté comprendida entre $-10°$ y $+10°$; en las fechas del lunisticio norte que no en las fechas del lunisticio sud; en las cinco fechas siguientes a la del perigeo, que en las cinco fechas siguientes al apogeo; y este *llover más* lo precisamos en el sentido de que el promedio proveniente de cada uno de los primeros grupos de fechas, no sólo será mayor que el promedio proveniente de los segundos, sino que aquél será superior y éste inferior al promedio normal de todo el período, y que la diferencia será mucho mayor aún si se escogen dos grupos de unos cuantos centenares de fechas que correspondan, en uno de ellos a perigeos con declinación máxima (en valor absoluto), y, en el otro, a apogeos con declinación mínima. Con la misma confianza predecimos que, durante el mismo período, la nebulosidad será mayor en los grupos de cinco fechas alrededor del plenilunio que no alrededor del novilunio, y que el promedio del recorrido diario del viento será, en cambio, menor en los días de Luna llena que en los días de Luna nueva, cuarto creciente o cuarto menguante: he ahí media docena de pronósticos bien definidos y concretos, a largo plazo y a base de las variantes lunares; las fechas las irán publicando las efemérides estronómicas (1); si en ellas se verifican nuestras predicciones, tenemos derecho a reclamar que nuestra tesis sobre la realidad del influjo lunar sea aceptada por todos como cierta; si no se verifican, ya desde ahora nos conformamos a que este nuestro trabajo, que no ha sido poco, quede arrinconado en los archivos de la Meteorología, para que no dé ocasión a que la Luna engañe a algún otro incauto.

Luis Rodés, S. J.

Observatorio del Ebro, 1.º de mayo de 1937.

(1) Aunque las hemos reclamado de uno de los centros que las publican, no nos han podido ser facilitadas a tiempo para incluirlas en este trabajo.