

INFORME SOBRE EL SEXTO CONGRESO INTERNACIONAL
DE RADIACION COSMICA

Ruth Gall

Instituto de Geofísica U.N.A.M. e Instituto Nacional de
la Investigación Científica

Desde fines de la segunda Guerra Mundial, la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada ha estado organizando, cada dos años, congresos internacionales de Rayos Cósmicos. El primer congreso tuvo lugar en Cracovia, Polonia (1947), los siguientes congresos en : Como, Italia (1949), Bombay, India (1951), Bagnères de Bigorre, Francia (1953), Guanajuato, México (1955), y Varenna, Italia (1957).

El cuarto congreso fue dedicado casi exclusivamente a las partículas elementales. Los temas del congreso de Guanajuato fueron los siguientes: la radiación primaria, los efectos geomagnéticos, las variaciones con el tiempo de la intensidad de la R.C.^{*}, y las teorías de origen. Fue en Guanajuato donde por primera vez los astrónomos asistieron a este tipo de congresos.

Los temas del sexto congreso eran semejantes a los del Congreso de

* La notación R.C. implicará Radiación Cósmica.

Guanajuato, dándose sin embargo, mayor énfasis a los efectos solares, a la importante ráfaga solar de febrero 23 de 1956, y a los chubascos atmosféricos. Se presentaron más de cien trabajos. Este último congreso contó también con la asistencia de eminentes astrónomos.

A la reunión de Varenna asistieron más de 130 delegados, representantes de los siguientes diez y ocho países: Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, Hungría, India, Inglaterra, Israel, Italia, Japón, Noruega, Nueva Zelanda, Suecia, Suiza, URSS. De la América Latina sólo asistieron tres delegados a saber: el Sr. Escobar de Bolivia, Lattes de Brasil (actualmente en la Universidad de Minnessota), y la autora de este informe, de México*.

Este sexto congreso se reunió del 21 al 26 de junio del presente año en Varenna, situada a la orilla del Lago de Como. Las sesiones, tres diarias, tenían lugar en la Villa Monasterio, antigua y bella residencia que pertenece hoy a la Sociedad Italiana de Física.

LOS TEMAS DEL 6° CONGRESO

- | | |
|--|--------------------|
| 1) EL EFECTO DE LA RAFAGA SOLAR | (1 sesión) |
| 2) LOS EFECTOS SOLARES | (3 sesiones) |
| 3) LOS EFECTOS GEOMAGNETICOS | (1 y media sesión) |
| 4) LA COMPOSICION DE LA RADIACION PRIMARIA | (1 sesión) |
| 5) LOS CHUBASCOS ATMOSFERICOS | (3 sesiones) |
| 6) LOS PROBLEMAS DE ORIGEN | (2 sesiones) |
| 7) LAS INTERACCIONES DE ALTA ENERGIA | (1 y media sesión) |
| 8) VARIOS | (media sesión) |

En el presente informe se discutirán con mayor detalle los problemas asociados con la ráfaga de febrero 23 de 1956, y los efectos solares. De las sesiones sobre los problemas de origen, las interacciones de alta energía, "varios" solo se enumerarán los trabajos presentados.

* El Dr. Manuel Sandoval Vallarta no pudo asistir a este Congreso.

EL EFECTO DE LA RAFAGA SOLAR

De las cinco ráfagas observadas hasta la fecha (la primera en marzo 7 de 1942), la más importante fue la del 23 de febrero de 1956. Esta ráfaga fue observada por un gran número de observatorios. El estudio de la variación de la intensidad de la R.C. asociada a esta ráfaga fue el tema de la primera sesión. De las curvas de intensidad a varias latitudes y longitudes, se dedujo que la fase inicial de la propagación de la fuente a la Tierra se caracterizó por una anisotropía* que duró aproximadamente 10 minutos. Después de pasar por el máximo, la intensidad se volvió isotrópica y disminuyó durante varias horas tendiendo a la intensidad normal. La cola de la curva está asociada con el almacenamiento de la R.C. solar en el sistema interplanetario.

En la introducción de esta sesión, el Dr. J.A. Simpson (Instituto Enrico Fermi de la Universidad de Chicago E.U.A.) recalzó que del estudio de la R.C. de ráfaga, se deduce la evidencia de la producción de partículas de origen solar con energías hasta 30 Gev para protones. Dicho estudio también arroja luz sobre los mecanismos de propagación de las partículas de la R.C. solar desde el Sol hasta la Tierra, y permite el estudio del estado electromagnético del espacio interplanetario durante la ráfaga. También informa sobre los mecanismos de almacenamiento en el espacio interplanetario.

En su introducción, Simpson se refirió ante todo a la primera fase del aumento de la intensidad, desde el comienzo del incremento hasta el máximo. El tiempo de la llegada de las primeras partículas solares, o sea el principio del aumento, varía para distintas partes de la Tierra. Las diferencias de los tiempos de comienzo registrados por distintos observatorios, difieren en ≤ 9 minutos, y se deben a la dispersión de energía. El tiempo de llegada es una función inversa de la energía. Después de un estudio detallado de las arriba mencionadas diferencias, se tuvo que rechazar, por ser inadecuado, el modelo de cavidad y barrera propuesto en 1956 por el grupo de Chicago. Se rechazó también el mecanismo

* Véase el trabajo de Lust sobre las zonas de impacto.

de la difusión retrógrada hacia la Tierra. Se cree que la dispersión en energías es debida al mecanismo que opera durante la propagación de la R.C., cuando esta atraviesa los campos magnéticos entre la fuente y la Tierra. Las emisiones corpusculares del Sol introducen irregularidades en el campo general del Sol, y estas actúan como centros dispersores que causan la difusión de la R.C. Para explicar el decrecimiento lento de la intensidad y la isotropía, que duran varias horas, se invocó la existencia de regiones con campos magnéticos desordenados, que permite explicar el almacenamiento durante varias horas y la subsecuente fuga del sistema solar. La existencia del efecto Forbush, que ocurrió varios días antes de la ráfaga, limita las posibles configuraciones del campo interplanetario durante la ráfaga.

T. Gold. et al. (Observatorio del Colegio de Harvard, E.U.A.) propuso un modelo de mecanismo de propagación de la R.C. de la fuente hasta la Tierra. Se supone que el plasma dentro del cual se crea la R.C., cerca de la superficie del Sol, está contenido por los campos magnéticos locales. Cuando la presión de las partículas llega al límite la R.C., súbitamente sale del frente de la burbuja en todas las direcciones. Este frente puede tener la superficie comparable con la del Sol. La R.C. se propaga hacia la Tierra en un espacio donde pre-existe el campo general del Sol. Para un modelo sencillo en él que el frente es un plano infinito que emite la R.C., de intensidad monoenergética, isotrópica, siendo H^* homogéneo, perpendicular al frente y la emisión una función δ del tiempo, la intensidad promedio (promediada sobre el ángulo sólido finito $\Delta \omega$ y sobre t), es:

$$I(\theta, \varphi) = I_0 / \Delta \theta t_0 \left(\frac{t_0}{t^2 \sqrt{1 - (t_0/t)^2}} \right) \quad (1)$$

donde D es la distancia Tierra-Sol; v es la velocidad de la partícula, $t_0 = D/v$.

El autor discute este modelo sencillo, y hace notar que: 1) El campo entre el Sol y la Tierra no es homogéneo, pero probablemente su intensidad decrece al alejarse del Sol, lo que ocasiona que la intensidad de la R.C., decrezca más

* La notación H implicará campo magnético.

aprisa de lo que indica la ecuación (1). 2) Las partículas de varios momentos aparecen en el frente de la burbuja a distintos tiempos, y por consiguiente, la intensidad en la Tierra es una suma de expresiones similares a la ecuación (1). 3) No toda ráfaga tiene un frente de emisión, ya que la formación de éste depende de la densidad de energía en el plasma. El frente de emisión manda a la R.C. hacia la Tierra solo cuando H conecta la Tierra con el frente. Esto probablemente explica el porqué solamente pocas ráfagas se observan en la Tierra asociadas con el incremento de la intensidad de la R.C. 4) Es posible que la cola de la curva se deba a la difusión de la R.C. a través de las irregularidades del campo, o bien que esta se deba a que el haz de partículas de la R.C. afecta los campos a través de los que se mueve. 5) La existencia de las ráfagas con el frente de emisión, que no están magnéticamente conectadas a la Tierra, pueden quizás explicar la correlación entre las ráfagas y los pequeños incrementos de la R.C., ya que la R.C. de estas ráfagas solo llega a la Tierra por medio de la difusión.

K. Kowabata, et al. (Observatorio Astronómico e Instituto de la Investigación Científica Tokio, Japón), hicieron notar que un estudio completo de la ráfaga solar de febrero 23 de 1956, hizo que se rechazara el modelo propuesto en el Congreso de Guanajuato por Sekido. Este modelo no puede explicar el aumento asociado con la ráfaga de febrero 23 por dos razones principales: las zonas de impacto son demasiado amplias para poder explicarlas por medio del campo atrapador interior, y en la zona de fondo la intensidad de la R.C. llega a ser máxima en un tiempo demasiado corto para que lo explique la existencia del campo atrapador exterior. Los autores sugieren que, para comprender y estudiar el fenómeno de la ráfaga solar, se deben tomar en cuenta las condiciones electromagnéticas que prevalecen en el sistema planetario durante la ráfaga. El grupo de manchas solares responsables de la ráfaga de febrero 23, emitió un número de nubes magnetizadas que seguían girando con el Sol, y eran probablemente causantes de la modulación de la R.C. no solar observada antes de la ráfaga, y también probablemente afectaron a la R.C. solar emitida durante la ráfaga. Los autores están actualmen-

te estudiando tres posibles modelos del medio de difusión.

R. Pfozter, (Instituto Max Planck de la Física de la Estratosfera, Weissenau, Alemania) calcula la variación de la componente directa de la R.C. de la ráfaga, separándola de la componente indirecta que es e isotrópica. Para este fin, el autor elige una serie de pares de observatorios. Cada par consiste de un observatorio dentro y otro fuera de la zona de impacto, ambos con la misma energía umbral. Se obtiene la curva de variación de la intensidad de la componente directa de la R.C. de ráfaga para cada par al restar las dos curvas experimentales. El autor concluye que la emisión de la fuente no dura más que el fenómeno óptico de la ráfaga, y que la componente indirecta no solo sufre la deflexión, pero se almacena durante varias horas en el sistema solar. Del estudio de un conjunto de pares de observatorios en los que cada par es de latitud ligeramente diferente, pero de la misma longitud, o sea de la misma zona de impacto, el autor obtiene para $2.5 \leq p \leq 6 \text{ GeV}/c$, el espectro diferencial de la componente directa $f(p) dp \sim p^{-3,4} dp$.

R. Lust, (Instituto Max Planck de Física, Gotinga, Alemania) ha calculado las zonas de impacto para la ráfaga de febrero 23 de 1956. La declinación del Sol durante la ráfaga era de -20° respecto al ecuador geomagnético. Para esta ráfaga, las zonas de impacto importantes eran: "0900", "0300" y "2000" horas del tiempo solar local. En el Hemisferio Norte, las zonas "0900" y "0300" se unen en una sola; en el Hemisferio Sur, en cambio, la zona "0900" queda aparte de las zonas "0300" y "2000", que se juntan en una. Los resultados experimentales comprueban que, durante los primeros 10 minutos del aumento de la R.C., se observó un fuerte efecto longitudinal y amplias zonas de impacto; las zonas "0900" y "0300" se extendieron a una banda de 160° de longitud en el Hemisferio Norte, en el que se observó el primer tiempo de comienzo de acuerdo con las predicciones teóricas. Del estudio de las zonas de impacto se deduce que existió una fuente distante en la dirección del Sol, con el ángulo sólido en el cielo de un radián. Esto implica que el Sol estaba rodeado de una capa de difusión responsable de la dispersión de la energía de las partículas de la R.C. de ráfaga

(esta capa constituye una parte de la fuente). Se calcularon las intensidades de la R.C. en la frontera superior de la atmósfera para distintas zonas de impacto, suponiendo que el espectro diferencial de las partículas de ráfaga es proporcional a N^{-6} (N es la rigidez magnética).

S.F. Singer, (Universidad de Maryland, E.U.A.) presentó un modelo del mecanismo de aceleración de la R.C. de ráfaga solar. El modelo se basa sobre la siguiente imagen física: encima de la ráfaga el gas es expulsado con velocidad supersónica, probablemente en forma de chorro (el chorro central tiene la velocidad aproximadamente igual a 10^9 cm/seg.). Entre el chorro y el gas ambiente existe una zona de transición en la que se produce la turbulencia hidrodinámica asociada a la turbulencia magnética. Se propone como mecanismo de aceleración, el de una aceleración estadística de partículas cargadas dentro de un gas conductor en el que la turbulencia aumenta. La aceleración se debe, en parte, a la inducción, y en parte, a colisiones elásticas con elementos del gas. A este mecanismo va asociado un mecanismo selectivo que solo permite a un número pequeño de partículas el ser aceleradas. Las partículas que atraviesan un elemento turbulento pueden ser aceleradas o retardadas por el E^* de polarización, según la dirección en la que cruzan el elemento. Solo las partículas que permanecen mucho tiempo dentro de la región turbulenta, (por ejemplo las que se difunden paralelas al chorro) pueden ganar energía. El modelo trata de explicar la pendiente aguda del espectro de la R.C. de ráfaga, la poca frecuencia de las observaciones del aumento de la misma, el retraso entre el tiempo del comienzo de la ráfaga visual y el tiempo del principio del aumento de la R.C. Del modelo resulta la ausencia de la rodilla y la variación respecto al espectro normal de carga de la R.C., favoreciendo partículas pesadas de la R.C. primaria.

G. Eckhart, (Instituto Real de Tecnología, Estocolmo, Suecia) llama la atención sobre el hecho de que los haces corpusculares emitidos por el Sol y los campos magnéticos asociados a estos haces, tienen una influencia decisiva sobre la propagación de la R.C. de ráfaga a través del espacio interplanetario.

* La notación E implicará Campo Eléctrico.

Del estudio de la variación de 27 días, se deduce que tal haz corpuscular existió durante la ráfaga del 23 de febrero de 1956. Al estudiar la relación entre los tiempos de principio del aumento y las direcciones asintóticas fuera del campo geomagnético, se deduce que las partículas no viajan en línea recta, sino que se devían por un probable campo magnético entre el Sol y la Tierra. El autor propone un modelo del estado del espacio interplanetario, que es una variante del modelo de Alfvén. En este modelo se supone que en las regiones límites del haz existen campos magnéticos desordenados, originados probablemente por las irregularidades del flujo gaseoso. Estas irregularidades dispersan la R.C. fuera del haz. El autor supone que la R.C. parte del Sol solamente estando dentro del haz, y que sigue a lo largo de las líneas de campo extraídas fuera del Sol. Con este modelo sencillo se calcularon las diferencias entre los tiempos de principio del aumento de la intensidad de la R.C. en la Tierra. Para los momentos $3 < p < 15 \text{ Gev}/c$, se obtiene una concordancia bastante buena con los resultados experimentales.

LOS EFECTOS SOLARES

Los trabajos de las tres sesiones versaron sobre la variación diurna, la de 27 días, el efecto Forbush, las emisiones corpusculares del Sol y su influencia, tanto sobre la R.C. no solar como sobre el estado electromagnético del espacio interplanetario, sobre la región baja del espectro de energía y su relación con la actividad solar.

D. Venkatesan, (Instituto Real de Tecnología, Estocolmo, Suecia) llamó atención al hecho de que los cambios de actividad solar, las condiciones electromagnéticas del espacio interplanetario y las variaciones de la intensidad de la R.C. parecen estar asociados. Sin embargo, no siempre es posible o fácil de explicar la correspondencia entre estos fenómenos. El autor hizo un análisis de Chree de las tendencias de recurrencia de la intensidad de la R.C. de 27 días y de las perturbaciones geomagnéticas para el período 1937-1955, y encontró que

la amplitud de la variación de 27 días de la R.C. sigue de más cerca a la actividad geomagnética que a la actividad solar. En general, el estudio que el autor llevó a cabo parece indicar una fuerte relación entre los cambios en la R.C. y la actividad geomagnética, a pesar de que en ciertos casos hay una aparente falta de correspondencia entre los dos fenómenos.

A.G. Fenton y N.R. Parsons, (Universidad de Tasmania, Hobart, Australia) hicieron observaciones de la variación diurna de la intensidad de la R.C. con los telescopios de mesones a altas latitudes del Sur en Hobart ($\lambda = 52^\circ S$) y en Mawson Antártica ($\lambda = 73^\circ S$). Fenton discutió las comparaciones entre: a) la fase de la variación entre Hobart y Mawson con telescopios verticales, y b) las variaciones diurnas registradas simultáneamente por telescopios verticales, y los dirigidos bajo ángulos cenitales de $45^\circ N, S, E, O$, respectivamente. La explicación de que la variación diurna se deba a una anisotropía externa y a su interacción con el campo del dipolo geomagnético, no es consistente con los resultados obtenidos. Se podría, en cambio, explicar los resultados por medio de cualquiera de estas dos teorías: 1) la variación diurna se deriva de un mecanismo de modulación que opera localmente en la región del campo magnético terrestre (Elliot y Rothwell). 2) la variación diurna se deriva de una anisotropía externa, y su interacción con el dipolo girado de 45° hacia el Oeste (el dipolo del sistema efectivo de la R.C., Simpson). El autor hace notar que el uso de los datos basados sobre las trayectorias en el campo del dipolo solo, puede llevar a una confusión seria.

S.F. Singer, presentó un modelo para explicar el efecto Forbush, la variación de 27 días y las variaciones con el ciclo solar. El autor sugiere que las mencionadas variaciones son efectos de modulación producidos por la retardación de la R.C. en el espacio interplanetario, debido a la expansión de las nubes turbulentas del Sol. El mecanismo es el inverso del mecanismo de Fermi, y es el de retardación por difusión. La variación con el ciclo solar se explica por el efecto acumulativo de este mecanismo que opera en conexión con las emisiones de las nubes solares. El modelo de Singer se basa sobre la emisión de

chorros de gas de alta energía del Sol, con velocidad supersónica. Esta emisión establece una turbulencia en la frontera entre el chorro y el gas interplanetario ambiente. Los vórtices se extienden desde el haz hacia el espacio, y se expanden lentamente mientras que la intensidad del campo decrece. Las partículas se reflejan de los centros de fuertes campos magnéticos, que se alejan el uno del otro por expansión. Esto corresponde al efecto inverso al de Fermi. El modelo predice sólo un pequeño efecto de latitud. El autor sugiere un estudio cuidadoso de la intensidad, del espectro de energía y de la posición de la rodilla durante el efecto Forbush. Tales experimentos pueden llevar a rechazar algunos de los modelos discutidos.* Los modelos de Alfvén, Nagashima ó el de Singer llevarían a la retardación de las partículas, y por consiguiente, a un cambio en la posición de la rodilla durante la variación de la R.C. El modelo de Morrison llevaría a la disminución de la intensidad de las partículas, dejando la posición de la rodilla intacta.

H.V. Neher, (Instituto Tecnológico de California E.U.A.) estudió los cambios de la R.C. cerca del polo Norte geomagnético en el período 1954-1956. El autor hace notar que, desde el verano de 1954, en el que el Sol estaba en estado de baja actividad, la intensidad de la R.C. a grandes alturas cerca de los polos ha comenzado a disminuir, de acuerdo con la relación de Forbush. La forma de la curva de ionización vs. profundidad atmosférica a profundidades de 10 a 100 g/cm², es muy sensible al número relativo de primarias de pequeña energía. (Para protones, estas energías son de 100 a 500 Mev.) Al comparar las formas de tales curvas obtenidas cerca del polo a distintos tiempos y

* SINGER discute los siguientes modelos: el de la corriente anular alrededor de la Tierra, el de la corriente anular con el E de polarización (Nagashima), el modelo de Alfvén de haces corpusculares ionizados con E de polarización y H congelados dentro de la materia. Este modelo predice un fuerte efecto latitudinal y una anisotropía que no se observan; el modelo de apantallamiento magnético de Morrison, efectuado por nubes ionizadas solares con turbulencias magnéticas y difusión de la R.C. dentro de la nube. También este modelo predice el efecto de latitud asociado al efecto Forbush. Una variante de este modelo es el modelo de nube geocéntrica de Parker, que consiste de una nube magnetizada turbulenta capturada por el campo gravitacional de la Tierra. La Tierra actúa como un resumidero de la R.C. Este modelo explica la rodilla, pero no puede explicar el hecho de que el efecto Forbush se observa también en los polos.

grandes alturas, se puede predecir la presencia o la ausencia de la rodilla. Es precisamente la presencia de las partículas de estas bajas energías la causante de la ausencia de la rodilla.

P. Meyer y J.A. Simpson, (Instituto Enrico Fermi, Universidad de Chicago, E.U.A.) hicieron estudios durante el mes de agosto de 1956, o sea en el período cuando la actividad solar ha aumentado considerablemente respecto a la de 1954. Los resultados se pueden resumir como sigue: 1) La rodilla ha aparecido, y corresponde a 1.5 Gev, o sea, a la latitud de 52° para la incidencia vertical. La rodilla se desplazó de 1954 a 1956 hacia latitudes más bajas. 2) El espectro diferencial $J(p) = C/(p/Z)^\gamma$ (donde p es el momento y Z el número de carga de la partícula primaria), ha variado de manera que: $\gamma = -2.0, -2.7, -2.5$, para 1948, 1954 y 1956 respectivamente. 3) La intensidad decrece en 4.5 % para $1.5 < p < 4.4$ Gev/c. 4) Las variaciones de 27 días y las de Forbush son más pronunciadas en 1956. Se ve que, tanto la intensidad total de la R.C., como γ del espectro, pasa por un máximo cuando la actividad solar es mínima en 1954. Meyer concluye que el mecanismo de corte es de origen solar, más bien que de origen terrestre o galáctico. Parece existir una correlación entre el ciclo de 11 años de manchas solares, y las variaciones del corte del espectro. Esta modulación de la R.C., no solar puede ser la misma que aquella que causa las variaciones de 27 días, el efecto Forbush, etc. Ya que la intensidad completa de la R.C. existe fuera del sistema solar, solamente durante breves períodos, cuando la actividad solar es mínima, podemos tener acceso al verdadero espectro de la R.C. galáctica para las partículas de energías menores que 30 Gev.

S.F. Singer, propone el modelo para explicar la ausencia de las partículas de baja energía en la radiación primaria, basado sobre la retardación por difusión (véase página 9 de este informe) acoplada a la pérdida por ionización. El autor demuestra que el campo del dipolo magnético solar no puede producir la rodilla. Las partículas retardadas por campos turbulentos, pueden ser atrapadas en las regiones de fuerte H y sufrir pérdidas por ionización. Cuando las partículas de baja energía, sufren una

pérdida de magnitud comparable a la energía de la partícula misma, se produce la rodilla. Por consiguiente, se podría usar el cambio de la posición de la rodilla para el estudio del grado de turbulencia en el espacio interplanetario. Durante el período de baja actividad solar, el H interplanetario no es turbulento, y el corte ocurre a energías más bajas.

E.L. Feinberg y L.I. Dorman, (Academia de Ciencias, Universidad de Moscú URSS.) presentaron un trabajo muy extenso que trata sobre las relaciones entre las corrientes corpusculares altamente ionizadas, expulsadas por el Sol y las variaciones de la R.C. Los autores explican las variaciones por medio de los efectos de dos tipos distintos de haces corpusculares sobre la R.C. no solar.

El primer tipo de corriente corpuscular de densidad pequeña, está asociado a las formaciones de altas latitudes heliográficas, tiene congelado el campo general del Sol, y causa las pequeñas tempestades magnéticas. El segundo tipo, de densidad aproximadamente 100 veces mayor, se forma en la región ecuatorial del Sol, está asociado a las manchas solares, tiene congelado el campo magnético de las manchas y causa fuertes tempestades geomagnéticas.

Se hizo el estudio del paso de la R.C. no solar a través del haz "tipo 1". Al suponer que el campo uniforme dentro del haz tiene componente normal al plano eclíptico, el cambio calculado que sufre la R.C. es precisamente el adecuado para explicar la variación diurna de la intensidad de la R.C. durante los días quietos. El paso de la R.C. no solar a través de los haces "tipo 2", cuando estos haces barren la Tierra, explica la variación diurna durante los días perturbados. Se hicieron los cálculos considerando H normal a la eclíptica, y H paralelo a la velocidad del haz. Se calculó también la amplitud de las variaciones diurnas durante las tempestades. El caso cuando los haces del "tipo 2" no barren la Tierra, sino que pasan por debajo o por encima de ella, ofrece una solución del interesante problema del desplazamiento de χ de 90° a $20-30^\circ$ con el ciclo de 22 años (χ es el ángulo formado por la proyección de la fuente de variación diurna sobre el plano eclíptico y la línea Tierra-Sol.) Feinman discute la varia -

ción de 27 días, suponiendo que esta se debe a la recurrencia de 27 días de haces que barren la Tierra. Los resultados experimentales concuerdan con la deducción de esta suposición.

Los autores hacen notar que debe existir una fuerte correlación entre la actividad magnética / la R.C., y en particular, un incremento de actividad magnética debe ir acompañado de un aumento de amplitud. Por otra parte, no todas las tempestades magnéticas deben causar una disminución de la R.C. Las tempestades magnéticas dependen de la velocidad y densidad de las corrientes corpusculares solares. El H del haz no tiene influencia directa sobre las perturbaciones en el campo magnético, pero en cambio, ejerce una influencia decisiva sobre las perturbaciones de la R.C. Un haz de gran densidad altamente perturbado, causaría una perturbación geomagnética, pero no afectaría a la R.C.

J. F. Denise, (Observatorio de París, Francia) informó sobre las observaciones radioastronómicas (efectuadas en la longitud de onda de 177 cm con el interferómetro de Nançay) asociadas a las expulsiones de materia por el Sol. El autor describe dos aspectos de actividad solar que se manifiestan por emisión radioeléctrica. El tipo de emisión muy intensa, llamado IV (estudiada por Boischof), se manifiesta a la longitud de onda de 177 cm durante una decena de minutos después de la erupción óptica, y puede durar de una a varias horas. Esta emisión es toda circularmente polarizada. La región de emisión ocupa una gran extensión en la corona. La altura de la región emisiva puede llegar a tener varios rayos solares. El origen más probable parece ser la radiación sincrotrónica de electrones de alta energía. Se estudiarán ciertas propiedades de las fuentes de tempestades radioeléctricas que representan una forma de actividad del Sol probablemente asociada a las manchas solares. Estas fuentes se caracterizan por un diámetro aparente de algunos minutos de arco, y a la longitud de 177 cm. tienen la altura de unos 400,000 Km con duración máxima de una semana. La propiedad de que varios centros aparezcan simultáneamente a longitudes heliográficas muy diferentes, no tiene equivalente óptico y, por consiguiente, estas emisiones parecen ser *una forma completamente nueva de actividad solar.*

Siguen dos trabajos muy interesantes sobre el mecanismo de aceleración de la R.C. de origen solar.

D.H. Menzel, (Observatorio del Colegio de Harvard, E.U.A). Durante la presentación de este trabajo, se exhibió la película sobre la actividad solar tomada en el Observatorio de Sacramento Peak. Las observaciones de la actividad solar demuestran la existencia de ondas de choque (asociadas algunas veces a las ráfagas solares). Estas ondas causan cambios rápidos del campo magnético con la producción consecuente del campo eléctrico. La radiación electromagnética resultante de este proceso consiste en pulsos que pueden ser responsables de la aceleración de la R.C. solar. Por más violentas que sean las ráfagas, las energías de los átomos individuales son pequeñas. La producción de la R.C. requiere un proceso físico capaz de impartir alta energía solo a pocas partículas. El bajo nivel coronal que contiene $10^8 - 10^{11}$ protones/cc es de densidad demasiado grande para que allí ocurra el proceso. Menzel propone un modelo del mecanismo de aceleración de la R.C. asociado a la formación de regiones de baja densidad. Las observaciones efectuadas con coronógrafo y las observaciones

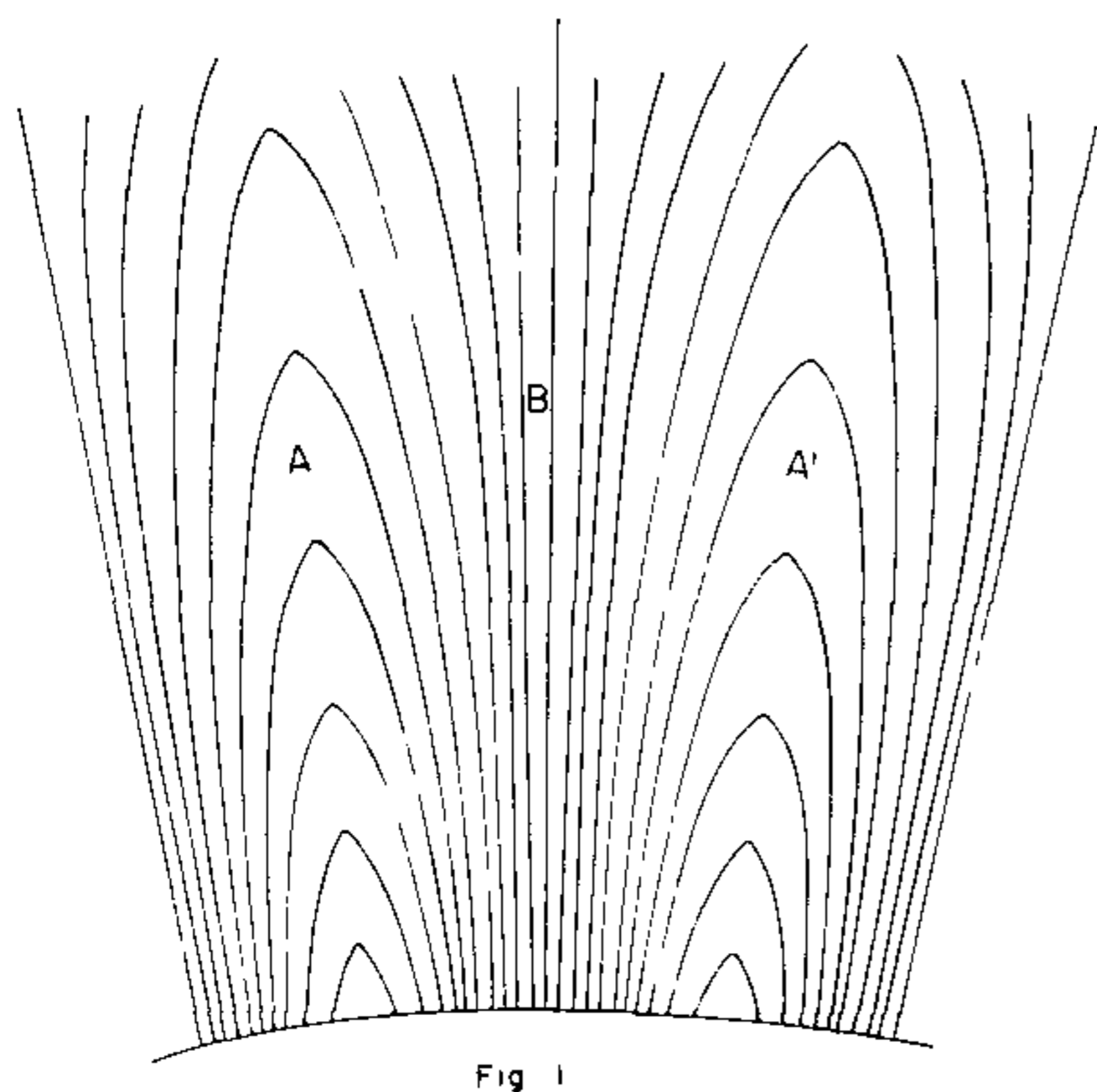


Fig 1

de eclipses, indican que la corona consiste de una serie de pétalos (A-A') de base ancha y vértice afilado. Véase la Fig. 1. A-A' son regiones de alta presión de gas y débiles campos magnéticos. La región B es la frontera en la cual la densidad es pequeña y el campo magnético fuerte. Las líneas del campo magnético parten radialmente del Sol. Al ocurrir una ráfaga en la región A, esta región se deforma a medida que la onda de choque se acelera ascendentemente. La fuerza de explosión expande el cascarón magnético y comprime aún más las líneas de fuerza de la región B. A medida que el vértice se extiende, la compresión de las líneas del campo aumenta; esto induce una acción de tipo betatrón sobre los iones de la región. La película de

Sacramento Peak que registra la ráfaga y la actividad coronal, proporciona una confirmación de este modelo.

K. O. Kiepenheuer*, (Instituto Fraunhofer, Freiburg, Alemania) hace notar que las prominencias ascendentes en la corona exterior, frecuentemente llegan a velocidades mayores de 6000 Km/seg. (el triple de la velocidad térmica de protones de la corona). Estas prominencias no pueden moverse a través de la corona debido a la viscosidad de la materia coronal. Parece probable que las mismas fuerzas levantan a las prominencias y a la corona vecina. La fuerza de aceleración, asegura Kiepenheuer, es sin duda alguna, de naturaleza magnética. Se puede suponer que estas fuerzas se originan en perturbaciones magnéticas que se transportan así a la corona por volúmenes de materia cromosférica magnetizada (brotes), y actúan sobre las corrientes de inducción en la corona vecina. La densidad coronal, debajo de las regiones con estas velocidades de expansión, por razones hidrodinámicas, baja considerablemente. Se forma así una cavidad, que presenta condiciones favorables para la aceleración de las partículas de la R.C. La diferencia potencial a lo largo de las paredes internas de la cavidad coronal llega a $10^9 - 10^{10}$ voltios. Este tipo de mecanismo explica el retraso entre el aumento de la R.C. observado en la Tierra y el principio de la ráfaga, y explica también el porqué la R.C. puede abandonar el campo magnético de las regiones activas del Sol. Estas condiciones no existen en el espacio interplanetario donde el flujo del campo magnético es demasiado bajo; tampoco existen en la corona no perturbada por ser la densidad de electrones demasiado alta.

LOS EFECTOS GEOMAGNETICOS

En la sesión dedicada a los efectos geomagnéticos, se discutieron los siguientes temas: la validez del sistema geomagnético efectivo para la R.C., las

* Trabajo presentado durante la sesión sobre Teorías de Origen.

órbitas de baja energía de Stormer, los conos del albedo, y las propiedades direccionales de los telescopios. En seguida se mencionarán algunos de los trabajos presentados.

La Srita. P. Rothwell, y J. Quenby (Colegio Imperial, Londres, Inglaterra) hicieron una investigación experimental de la variación de la intensidad de la R.C. con detectores de neutrones, con el fin de estudiar las causas de las discrepancias que existen entre las intensidades de la R.C. observadas y las predichas por la teoría geomagnética. En el viaje de Inglaterra al Africa del Sur y de regreso, se midieron las intensidades en los puntos de la Tierra donde el campo del dipolo geomagnético difiere considerablemente del campo medido en la superficie. Los resultados se pueden resumir como sigue:

a) Se encontro un mínimo de la intensidad de la R.C. que ocurre a la latitud geomagnética λ de 12° N, y que coincide con el ecuador de declinación. En cambio, el ecuador efectivo para la R.C. queda 4° al Sur del mencionado punto. b) A $\lambda = 30^\circ$ S (Cape Town), donde existe una gran anomalía (el campo horizontal medido es de .13 gauss, siendo él predicho para el dipolo de .24 gauss) se encontró que la intensidad de la R.C. en este punto es mayor en un 30% que la de $\lambda = 30^\circ$ N, e igual a la de $\lambda = 7^\circ$ S donde el campo de superficie es igual al de Cape Town. La intensidad a 30° S en cambio es comparable con la de 52° N, siendo el ángulo de declinación en ambos casos igual a 64° S.

La Srita. Rothwell hizo notar que:

a) Existe una relación entre el campo magnético medido en la superficie, y las discrepancias entre los valores teóricos y experimentales.

b) Los mínimos de la R.C. no se obtienen ni en el ecuador del dipolo excéntrico ni en el ecuador efectivo para la R.C., sino en el ecuador de declinación.

c) En las mediciones de las energías umbrales para las partículas alfa, se obtienen valores más altos en Europa y más bajos en Norte América que los predichos por la teoría. Los nuevos cálculos del campo del dipolo excéntrico, basados sobre el mapeo magnético de 1955, y las nuevas mediciones de las energías umbrales de las partículas alfa disminuyen las discrepancias. Se tiene también que a latitud de 40° a 60° geográficos, la componente horizontal del campo es menor en América y mayor en Europa que la predicha teóricamente. Esto podría explicar las restantes discrepancias entre los valores europeos y americanos.

d) Las partículas de la R.C. parecen moverse a grandes distancias siguiendo el campo derivado del campo de la superficie terrestre.

En resumen, las discrepancias entre la teoría y el experimento parecen provenir de la diferencia entre el campo real de la Tierra y la aproximación del dipolo excéntrico, y no de la distorsión del campo exterior de la Tierra por nubes ionizadas. Este trabajo proporciona argumentos contra la introducción del sistema geomagnético efectivo para la R.C.

R. Pfozter, examina la utilidad del sistema geomagnético efectivo para la R.C., considerando el efecto latitudinal de la R.C. de ráfaga solar. La componente indirecta de la R.C. de la ráfaga solar de febrero 23 de 1956, era isotrópica y su espectro diferencial $f(p) dp \sim p^{-\gamma}$ con la pendiente $\gamma = 6,7$ (p es aquí la rigidez magnética en Gev/Ze). Para la R.C. normal existen discrepancias entre el efecto latitudinal experimental y el predicho por la teoría geomagnética. El autor hace notar que tales discrepancias deben ser aún más pronunciadas en el caso de la R.C. de ráfaga solar, por ser la pendiente del espectro más aguda que la del espectro de la R.C. normal. El factor de latitud entre el observatorio standard y el observatorio "i" para la R.C. normal es $V_{i0} = J_i / J_0$ donde J_0, J_i son intensidades reducidas a la profundidad x , $V_{i0}^* = (\Delta J_i / J_i) / (\Delta J_0 / J_0) V_{i0}$ es el factor de latitud para la R.C. de ráfaga (componente isotrópica, indirecta) donde $\Delta J_i, \Delta J_0$ son los incrementos de la intensidad de la R.C. en los observatorios "i", "o". La función V_{i0}^* depende de las energías umbrales para los dos observatorios y del espectro de la componentes indirecta de la R.C. de ráfaga. Cuando se grafican los valores de $\log V_{i0}^*$ vs $\log p_i$ para varios observatorios "i" (p_i es la rigidéz umbral), los puntos deben caer sobre una curva continua. En realidad, al tomar los valores de p_i para las latitudes de los observatorios, calculadas a base del modelo del dipolo excéntrico, los puntos caen sobre una línea que se aproxima a la de pendiente $\gamma = -6$. En cambio, al tomar las latitudes y rigideces umbrales dadas en el sistema efectivo para la R.C. los valores no solo no caen en una curva continua, sino que por el contrario, los puntos se dividen en dos grupos. Pfozter llega a la conclusión de que el sistema geomagnético del dipolo excéntrico es más adecuado para describir el efecto latitudinal de la R.C. de ráfaga solar, que el sistema llamado efec-

tivo para la R.C.

R. Gall y J. Lifshitz, (Universidad de México, INIC, México). Se han estimado los conos del albedo de la R.C. basándose sobre el cálculo de las trayectorias de protones de energías, 172.5 y 2.0 Gev en el campo del dipolo y cuadrupolo terrestres. Se obtuvieron conos para latitudes geomagnéticas de 0° , 30° N, 70° N y varias longitudes. Se hizo un estudio de los puntos de emisión. Los conos del albedo calculados para un observador terrestre son válidos también para un observador situado a cierta altura, solo que para energías ligeramente menores. El modelo del albedo estudiado describe con suficiente aproximación las secundarias que interaccionan con la atmósfera a condición de que se sitúen, tanto los puntos de emisión como los de incidencia, a 107 Km se hizo notar que existe una diferencia notable entre el cono sencillo de sombra y el del albedo para la energía de 172 Gev, a la latitud de 70° N. Los autores creen que la corrección del cono de sombra, al tomar en cuenta el efecto del cuadrupolo, podrá disminuir las discrepancias que existen entre los cortes observados y los predichos por la teoría geomagnética.

E. A. Brumberg, (Instituto Real de Tecnología, Estocolmo, Suecia) estudia las propiedades direccionales de telescopios de la R.C. Calcula la variación de la intensidad registrada por un telescopio cuando este escudriña la fuente de la R.C. al considerar primero, la deflexión de la primaria por el campo geomagnético y segundo, al tomar en cuenta la ampliación del haz en la atmósfera debida a las partículas secundarias. Un telescopio con el ángulo sólido Ω y la superficie a , está representado en el espacio fase por un elemento de seis dimensiones (cuando se consideran partículas de intervalos pequeños de momento: dp). Este elemento se mueve en el espacio fase cuando la Tierra gira. La condición para que el elemento del telescopio quede completamente dentro del flujo en el espacio fase, se cumple cuando el ángulo sólido proyectado del telescopio, cae dentro del ángulo sólido sustentado por el haz de la R.C. primaria en la Tierra. Si este no es el caso, la intensidad medida por el telescopio es menor. Se demuestra que la imagen (intensidad de 24 horas) de una fuente puntual para la R.C. de todos

los intervalos de momento, depende altamente de la abertura del telescopio. En el estudio de la ampliación del haz de la R.C. en la atmósfera se ignora la deflexión geomagnética. En la colisión nucleón-nucleón se considera la producción de mesones con distribución isotrópica (en el sistema C.M.) Se discute la influencia de ionización y decaimiento, y se demuestra que existe un efecto de estrechamiento de la distribución angular registrada por el telescopio en la atmósfera más baja, respecto a la distribución angular inmediatamente debajo del punto donde ocurre la colisión. El autor demuestra que la forma de la curva de la intensidad en función del tiempo, depende del ángulo sólido del telescopio. Por consiguiente, si se quiere medir la fuente de extensión limitada en el espacio, la abertura del telescopio no debe ser demasiado grande. Se concluye también que las fuentes de limitada extensión darán lugar a mayor amplitud de la variación diurna cuando son observadas por un telescopio de ángulo chico, que cuando lo son con un telescopio de ángulo grande o con una cámara de ionización.

LA COMPOSICION DE LA RADIACION PRIMARIA

En esta sesión, los principales problemas discutidos fueron los siguientes: La composición química de la R.C. y la comparación con las abundancias en el universo; el espectro de carga y energía; las intensidades de las partículas alfa y las discrepancias entre las intensidades en Europa y Norteamérica y las predichas teóricamente; la fragmentación de los núcleos pesados entre la fuente y la Tierra; la presencia de Li, Be, y B en la primaria, y la edad de la R.C.

La introducción de esta sesión estuvo a cargo del Dr. B. Peters (Instituto de la Investigación Fundamental, Bombay, India). En seguida se discuten algunos de los trabajos presentados.

C.J. Waddington, (Universidad de Bristol, Inglaterra) informó sobre una extensa investigación con emulsiones nucleares del espectro de carga de la pri -

maria de la R.C. Se obtuvieron las cargas de los núcleos ligeros L ($3 \leq Z \leq 5$) y medianos M ($6 \leq Z \leq 9$) usando dos métodos estadísticamente independientes, el del conteo de los rayos δ y el del conteo de espacios intergranulares. Se determinó la energía umbral a la latitud de 41° (Norte de Italia), que para las partículas de cargas múltiples resultó ser igual a $1.55 \pm .06$ Gev/nucleón. Se obtuvieron los flujos de los núcleos ligeros, medianos y pesados (H), para esta latitud a la altura de 106,000 pies. Empleando las probabilidades de fragmentación de Bristol, los flujos extrapolados al límite de la atmósfera son: $J_L; J_M; J_H = 2.3 \pm .4; 6.1 \pm .6; 2.5 \pm .3$ partículas $m^2 \text{ seg}^{-1} \text{ steradian}^{-1}$, respectivamente. Los flujos de los núcleos obtenidos sobre Guam (latitud de 4°), y extrapolados al límite de la atmósfera, son los siguientes: $J_M; J_H = 0.95 \pm .11; 0.35 \pm .08$ partículas $m^2 \text{ steradian}^{-1} \text{ seg}^{-1}$, respectivamente. Nótese que la razón entre los flujos de los núcleos J_H/J_M es la misma para ambas latitudes estudiadas. Esto implica que los espectros de energía de estos dos grupos son los mismos en toda la región de energías sensibles a la latitud. (Resultados contrarios a las predicciones de Singer, 1957). Suponiendo la energía umbral para Guam, para la incidencia vertical igual a 7.2 Gev/nucleón y tomando los valores de los flujos antes mencionados, se obtiene el espectro integral: $N(>E) = \frac{C}{(m_0 c^2 + E)^n}$ donde E es la energía en Gev/nucleón y C, n constantes con valores de 25.4; 1.57 para los núcleos medianos y 11.3; 1.66 para los núcleos pesados.

A.J. Herz, (Sidney, Australia) informó acerca de sus mediciones del espectro de carga y de las intensidades de los núcleos ligeros en la R.C. primaria. Se expusieron las emulsiones apiladas sin base, a la altura de 110,000 pies a 41° N (San Angelo, Texas). Se usó la técnica del conteo de rayos δ , la de longitud intergranular para los núcleos relativistas de $5 < Z < 7$, y se usó también el conteo de granos para núcleos de carga baja. Al extrapolar a la frontera superior de la atmósfera, se obtuvieron las siguientes relaciones entre los flujos:

$$J_H/J_M = .47 \qquad J_L/J_M \approx .70$$

En la discusión de sus resultados, el autor concluye que la relación

H/M en el universo ($= .08$ véase Urey*), es definitivamente diferente de la relación de estas abundancias en la R.C. Como ya mencionaron Peters y Bradt, (1950), la presencia de los elementos ligeros en la R.C. primaria no implica la presencia de estos elementos en la fuente. Estos pueden producirse por colisión de los núcleos más pesados con la materia interestelar. La cantidad de Li, Be y B en la primaria de la R.C. pone un límite superior al tiempo de viaje de la R.C. a través del espacio interestelar.

S.F. Singer (Universidad de Maryland, E.U.A.) Al analizar los resultados de los experimentos efectuados con emulsiones nucleares durante los diez últimos años en globos y cohetes, el autor llega a la conclusión que las diferentes componentes de la radiación primaria tienen diferentes espectros de energía. Mientras mayor es la carga y la energía, más aguda es la pendiente (para la región de energía sensible a la latitud). La diferencia entre los espectros de energía puede ser mejor explicada al suponer que la fragmentación de los núcleos pesados, se efectúa durante la aceleración en la envoltura estelar. Las discrepancias que existen entre las abundancias de los elementos en la R.C. y en el universo residen ante todo, en el Li, Be, y B, y en la relación entre los núcleos pesados y medianos (H/M). El autor discute un modelo en el que supone que la R.C. en la fuente consiste solamente de Fe ($Z = 26$), y demuestra que después de recorrer tres caminos medios libres (6 gr/cm^2 en el medio interestelar, se obtiene una distribución de carga parecida a la de la primaria de la R.C. Esta concordancia la obtiene Singer al usar las probabilidades de fragmentación de Bristol, y al suponer que todos los elementos ligeros, inclusive las partículas alfa y los protones, se producen durante la fragmentación.

M. Schein, (Universidad de Chicago E.U.A.) presentó un trabajo muy extenso sobre la composición química de la radiación primaria. Los experimentos se llevaron a cabo en Texas a la latitud de 41° N geomagnética, con emulsiones G-5 expuestas a 104,000 pies de altura. Se usó la técnica del conteo de espacios intergranulares. Para extrapolar, se emplearon las probabilidades de fragmentación que se obtuvie-

* Urey y Sears, Rev.Mod.Phys. 28, 53 (1956).

ron del mismo "bloque" de emulsiones. El espectro extrapolado a la frontera superior de la atmósfera, tiene picos de abundancia para Li, Be, B, C, N, O, Ne, Si, A, Co, Mn, Fe, y Ni. Se obtienen las siguientes relaciones entre los flujos de los núcleos ligeros L ($Z = 3,4,5$), medianos M ($Z = 6,7,8$), y pesados H ($Z \geq 9$)

$$J_L / J_M = .32 \pm .07$$

$$J_H / J_M = .48 \pm .10$$

El autor extrapola el espectro de carga obtenido en la frontera superior de la atmósfera hasta la región de la fuente de la R.C. usando la fragmentación en el hidrógeno. Al extrapolar a la fuente, se supone que la R.C. atraviesa el 60 % del camino medio libre para los núcleos pesados en el medio interestelar. Se obtiene en la fuente de la R.C. $H/M = .66 \pm 16$.

Schein compara las abundancias químicas en la R.C. con las del universo, y hace notar que:

- a) La relación H/M es diferente en ambos casos, e igual a .66 en la R.C. y .38 en el universo.
- b) Tanto en la R.C. como en el universo, se encuentran picos de abundancia para Ne, Mg, Si.
- c) La relación entre Mg: Si: Fe es la misma en la R.C. y el universo.
- d) Las relaciones C:N:O difieren y son iguales a 1.6: 1.1: 1.0 para la R.C. y 0.16: 0.31: 1.00 en el universo.

Al comparar el espectro de carga en la región de la fuente con las medias abundancias químicas de los elementos en el universo, Schein encuentra que existe una similitud entre la abundancia química de la R.C. con la de ciertos tipos de estrellas jóvenes.

F.B. McDonald, (Universidad de Iowa, E.U.A.) informó sobre su estudio de las energías umbrales en función de latitud, y sobre cierto aspecto de las variaciones en el tiempo de las partículas alfa a grandes alturas. Se efectuaron una serie de vuelos con globos provistos de los detectores Čerenkov-centelleo.

El autor presenta los siguientes resultados y conclusiones:

a) Las energías umbrales entre $\lambda = 51^\circ$ y 55.5° N (latitudes geomagnéticas) teóricas y experimentales, son las siguientes:

λ promedio del vuelo	energía umbral experimental Gev/nucleón	energía umbral teórica Gev/nucleón	$\Delta \lambda^*$
$52^\circ 16'$	225 ± 25	455	$4^\circ 15' N$
$52^\circ 23'$	220 ± 30	445	4°
$53^\circ 10'$	100 ± 15	400	5°

b) Se extendió el espectro de las partículas alfa hasta 150 Gev/ nucleón; se observó el máximo del espectro diferencial a 325 Gev/nucleón. El espectro diferencial no es función de latitud para latitud mayor de 52° N.

c) Los cortes experimentales se pueden hacer coincidir con los teóricos, si se asigna a la latitud un valor mayor de unos 4° (véase la tabla). Este cambio de coordenadas es mucho mayor que el error experimental, e implica probablemente la existencia de un mecanismo de perturbación en la vecindad de la Tierra.

El estudio del flujo de las partículas alfa durante una fuerte disminución de la R.C. (efecto Forbush), demuestra que la región de baja energía del espectro de la R.C. (entre 300 y 600 Gev/nucleón) no parece ser fuertemente afectada. La variación del espectro parece provenir de un mecanismo que modula la R. C. de mayor energía. Esto restringe el tipo del mecanismo de modulación de la R.C. que opera durante el efecto Forbush.

CHUBASCOS ATMOSFERICOS

En las tres sesiones dedicadas a los chubascos atmosféricos, presentaron trabajos los siguientes grupos de investigadores: él de Harwell (Inglaterra),

* $\Delta \lambda$ es el aumento de λ que permite hacer coincidir los resultados teóricos con los experimentales.

de Sidney (Australia), de la Universidad de Moscú (URSS), de la Universidad de Cornell (E.U.A.), de M.I.T. (E.U.A.) de la Universidad de Osaka (Japón), de la Universidad de Tokio (Japón), Instituto de Física Budapest (Hungría), y varios otros investigadores. Los temas versaron sobre: La variación con el tiempo, el estudio direccional de los primarios de los chubascos atmosféricos, la variación de las partículas de chubascos atmosféricos con la altura, la absorción y el espectro, la distribución lateral de electrones y mesones μ , los centros múltiples ampliamente separados, los mesones μ de chubascos atmosféricos bajo la tierra, etc. En seguida se hace un resumen de la introducción a estas sesiones que estuvo a cargo del Dr. G. Cocconi (Universidad de Cornell, E.U.A.).

Actualmente existen tres temas de mayor interés en la investigación de los chubascos atmosféricos: 1. La distribución lateral de las partículas ionizantes. 2. Las características de las interacciones nucleón-nucleón y los modelos. 3. El espectro de energía de la R.C. primaria (por su importancia cosmológica).

El trabajo más extenso sobre el tema 1, lo llevaron a cabo los investigadores rusos y el grupo de M.I.T. Se encuentra que, independientemente del tamaño del chubasco para $10^3 < N < 10^9$, tanto al nivel del mar como a la altura de las montañas, todos los puntos experimentales caen dentro de una sola distribución. Cocconi hace notar que la densidad de partículas aumenta a medida que la distancia del centro disminuye, y no ofrece meseta ni siquiera a distancia tan pequeña como 0.5 m.

Del trabajo de Zatsepin y Greisen, sobre el tema 2, se ve que en la atmósfera baja, el comportamiento de los chubascos atmosféricos está regido por la componente nucleónica todavía presente en el centro del chubasco, y no por la cascada electromagnética iniciada en la atmósfera superior. Siendo que las primarias que inician los chubascos son nucleones, y tomando en cuenta que después de recorrer 10 caminos medios libres de interacción en la atmósfera, los nucleones en el centro son suficientemente energéticos para llevar consigo 20% de la energía inicial, se llega a importantes conclusiones sobre las características de la interacción nucleón-nucleón, a energías de la región de 10^6 Gev.

Se puede resumir la situación diciendo que como promedio en cada interacción, el nucleón primario pierde aproximadamente 1/3 de su energía inicial, y después de interactuar conserva su individualidad. Estas conclusiones indican que los modelos estadísticos de Landau y Fermi no son adecuados para explicar las interacciones de alta energía. Estos modelos darían una probabilidad de producción de π^0 demasiado alta. Los ángulos para secundarios predichos por estos modelos, son demasiado grandes para explicar la ausencia de la meseta en la distribución lateral de las partículas de los chubascos atmosféricos. Los modelos "bremsstrahlung" están libres de estas contradicciones. Varios tipos de estos modelos han sido propuestos por Bhabha, Kraushaar, Oppenheimer y otros. En estos modelos, los secundarios de interacción de nucleones son partículas virtuales que se alejan bajo ángulo de orden de mc^2/U (U es la energía total de la partícula). El nucleón primario conserva su individualidad, y en promedio, conserva también una gran fracción de su energía. Los resultados experimentales a energías de las máquinas pueden ser explicadas solamente por medio de esos modelos.

El espectro de número ha sido deducido recientemente por el grupo de MIT de las mediciones de densidad a varias distancias del centro con detectores de centelleo.

El espectro integral deducido es: $F(N) = .59 N^{-(.815 + .060 \log N)}$ $\text{seg.}^{-1} \text{ m}^2 \text{ steradian}^{-1}$ para $10^3 < N < 10^9$. La determinación del espectro de energía $F(U)$ para la región de energías menores de 10^{16} ev es bastante directa. Actualmente se puede deducir el espectro para mayores energías utilizando el espectro de número de los chubascos atmosféricos, o sea, estudiando la energía del primario que genera al nivel del mar un chubasco de N partículas ionizantes. Se obtiene así el límite superior al suponer que μ , energía total del primario dividido entre el número de partículas del chubasco al nivel del mar, es constante e igual a 1.2×10^{10} ev. (μ probablemente decrece cuando N aumenta). El límite inferior se obtiene suponiendo que la R.C. primaria está compuesta solamente de protones, y que todas las interacciones se pueden describir por medio del modelo de Fermi. Se propone para el espectro de energía, la función siguiente:

$$F(U) = 10^{13} U^{-(.67 + .037 \log U)} \text{ seg}^{-1} \text{ m}^2 \text{ steradian}^{-1} \text{ donde } 10^{10} < U < 10^{19} \text{ ev.}$$

PROBLEMAS DE ORIGEN

Durante las sesiones dedicadas a los problemas de origen se presentaron trabajos sobre los siguientes temas principales:

La teoría radioastronómica de la radiación cósmica, (Ginsburg y Shklovsky, URSS). La emisión sincrotrónica en las galaxias (G. Brubidge, E.U.A.). El mecanismo de Fermi (Davis, E.U.A.), la radiación cósmica y la cosmología (F.I.M. Farley, Suiza). La radiación cósmica extragaláctica (K. Sitte, Israel),. La teoría del origen local (H. Alfvén, Suecia). El origen galáctico de la radiación cósmica (C. Fan, E.U.A.), etc.

También en estas sesiones se presentaron los trabajos sobre: La fuente puntual y sus relaciones con el tiempo (Y. Sekido et al, Japón). La variación sideral de la radiación cósmica en Nueva Zelanda (N.V. Ryder, Nueva Zelanda). La edad promedio de la radiación cósmica primaria en función de la energía (B. Petters, India).

INTERACCIONES DE ALTA ENERGIA

Durante la sesión sobre las interacciones de Alta Energía se presentaron los siguientes trabajos:

Las colisiones nucleón-nucleón a energía sumamente alta, observadas en emulsiones nucleares (M. Schein, E.U.A. D. Perkins y C. Powell, Inglaterra, Zhdanov, URSS). Investigaciones sobre los procesos de energía muy alta usando chubascos atmosféricos: (Dobrotin, Vernov, Zatzepin et al, Grigorov, URSS).

Los chorros: a) la teoría de Tunel (C. McCusker F. Roesler).
 b) la teoría de producción múltiple; la teoría hidrodinámica (Cemas-sky y Rosenthal, URSS).
 c) el estudio de los momentos transversales (grupo de Tokio).
 d) la interpretación teórica de la producción múltiple de mesones y partículas K (G. Wataghin, Italia).

VARIOS

En esta sesión se presentaron los siguientes trabajos:

La radioactividad inducida por la radiación cósmica, la intensidad prehistórica de la radiación cósmica (D. Lal, India). La producción y la desaparición de los neutrones de la radiación cósmica (Korff, E.U.A.). La distribución angular de los electrones en el decaimiento $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$ en la radiación cósmica (C. Lattes et. al, E.U.A.).

AGRADECIMIENTOS

La autora desea agradecer al Dr. Manuel Sandoval Vallarta, Vocal de Física del Instituto Nacional de la Investigación Científica, y al Ing. Ricardo Monges López, Director del Instituto de Geofísica de la UNAM, toda la ayuda que le dieron para asistir al Congreso de Varenna. Desea también expresar su agradecimiento a la Comisión Nacional de la Energía Nuclear y a la Universidad Nacional Autónoma de México, por la ayuda económica para realizar el viaje. Da las gracias más cumplidas a la Sra. Elena A. de Moshinsky y a la Srita. Anita Terán, por su valiosa ayuda en la redacción de este informe y en la corrección de las pruebas.