

El efecto Corona

André Michaud

→ [Click here for English version](#)
→ [Cliquer ici pour version française](#)

Resumen:- Puede ser demostrado que la producción de pares electrón-positrón, la nucleogénesis y la nucleosíntesis podrían ser mucho más importantes que es presumido según las teorías actuales en la corona del Sol. Puede ser demostrado también que las temperaturas extremas observadas en la corona podría ser debidas al génesis de nucleones y que la mayor partida de los elementos masivos en el sistema solar podría ser indígena y podría haber sido producido en la corona por nucleosíntesis.

Palabras claves:- nucleogenesis, nucleosíntesis, neutrón, protón, electrón, positrón, corona, fotosfera, cromosfera, CMEs, vientos solares, 1.022 MeV, creación de pares, sistemas planetarios, planetas, Sol, estrella.

Este artículo fue publicado formalmente in ingles en 2013:

[International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 11 \(July 2013\), PP. 01-09](#)

Aquí está su traducción en español:

I. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA CORONA

La particularidad más notable de la corona del Sol es su temperatura extrema, que supera con creces la de la superficie del Sol (la fotosfera) y la de su atmósfera (cromosfera) que están situadas justo abajo. Mientras que las temperaturas de la fotosfera y de la cromosfera permanecen bastante constantes a aproximadamente ≈ 5800 °Kelvin (°K) hasta una altitud de cerca de 2400 km, sube luego vertiginosamente hacia los 11000 °K en una región estrecha de transición, para sobrepasar abruptamente el 1 millón °K a la altitud de cerca de 2500 km, que marca el límite inferior de la corona. Notamos que 11000 °K es la temperatura de ionización total del hidrógeno.

A. *Temperaturas coronales extremas inexplicadas en los millones °K*

A partir de este punto, temperaturas de 2 a 3 millones °K son a menudo observadas con frecuentes picos mucho más altos. Estas temperaturas en los millones °K son en promedio cerca de 200 veces más elevadas que la de la superficie del Sol y de su cromosfera. Esta temperatura media extrema parece ser una temperatura de equilibrio, lo que significa que las pérdidas enormes de energía que la corona debe sufrir por intercambios incesantes con la cromosfera y eyecciones de material hacia el exterior (CMEs por sus siglas en ingles) son constantemente compensadas por un proceso según toda probabilidad interno en la corona que produciría esta energía y que todavía no es comprendido.

El efecto Corona

Este aumento abrupto de temperatura en la frontera cromosfera-corona es acompañado por una disminución tan abrupta de densidad de varias órdenes de magnitud que bastante rarifica el material de la corona para traerlo a convertirse en un medio sin colisiones de partículas a alta energía, lo que es la definición de un plasma.

De manera cíclica de una duración de 11 años, la corona oscila entre la forma de una corona ancha alrededor del ecuador del Sol y la de una capa completamente cerrada alrededor del Sol.

Es presumido muy lógicamente que la sola causa posible de este calor que sobrepasa el millón °K puede ser sólo un proceso que implica el Sol mismo. Pero ya que ninguno de los modelos de recalentamiento demostrados de manera satisfactoria en la docena propuesta actualmente ([1], p. 360, Cuadro 9.2) puede dar cuenta de más de 10 % del calor de la corona, la cuestión esencialmente permanece no resuelta, y es lo que deja abierta la posibilidad de que este proceso incomprendido de generación y mantenimiento de esta energía en suplemento extremo puede ser interno en la corona.

La razón es que es imposible con arreglo al 2o principio de la termodinámica que los 5800 °K que provienen de la fotosfera y la cromosfera pueden explicar el aumento de temperatura de 200 veces más observado que la observada en la frontera cromosfera-corona. Lo que se produce a la interfaz cromosfera-corona es tan desconcertante como si se observaba una caldera de agua que comenzaba a hervir colocándola sobre un bloque de hielo seco, lo que incita a pensar que un proceso interno en la corona debería posiblemente ser considerado.

Citando a Markus Aschwanden en su libro excelente de referencia "Physics of the Solar Corona": "La comprensión física de esta alta temperatura en la corona solar permanece un problema fundamental en astrofísica, porque parece violar la 2a ley de la termodinámica, dado la temperatura mucho más fría de $T = 5785$ °K a la frontera con la fotosfera." ([1], p.26).

En relación con estas temperaturas extremas, todos los átomos presentes en la corona son ionizados, contrariamente a la cromosfera, lo que significa que todos los átomos de hidrógeno son totalmente ionizados allí ya que pueden poseer sólo un solo electrón. La energía de los electrones libres en la corona es tan grande que la captura permanente por iones positivos se vuelve allí prácticamente imposible.

B. Centenas de mil millones de toneladas de material expulsado cada día

La corona es un medio altamente inhomogéneo y fluctuante, constantemente agitado por movimientos importantes de intercambio hacia arriba y hacia abajo con la cromosfera, de flujos magnéticos intensos y cerrados que principalmente vienen de la zona ecuatorial del Sol que la reconfigura constantemente y flujos magnéticos abiertos que vienen de los polos del Sol, causa de los vientos solares, que expulsan cada día centenas de mil millones de toneladas de material ionizado de su franja externa, que emigran en todo el sistema solar.

II. SUPERABUNDANCIA DE LOS ELEMENTOS EN LA CORONA

La variedad de los elementos en el estado atómico que puede estar encontrado en la corona es en gran medida similar a la de la fotosfera y de la distribución cósmica general, como puede atestiguarlo la comparación del análisis espectral de la corona con el análisis de los meteoritos.

C. Superabundancia por un factor medio de 3 a 1 de los metales detectados

¡ Un hecho de interés particular para nosotros aquí es que la inmensa mayoría de los metales detectados, el sodio, el magnesio, el aluminio, el hierro y el níquel particularmente, parecen ser 3 veces más abundantes en la corona y los vientos solares que en la fotosfera ([1], p. 31,

Cuadro 1.2)! Este segundo hecho, además de las temperaturas 200 más elevadas en la corona respecto a la fotosfera y la cromosfera, refuerza todavía más la posibilidad de que un proceso interno en la corona podría estar en acción, y que directamente no implicaría el Sol mismo.

La sensibilidad de los instrumentos actuales no permite ser tan afirmativa para los otros elementos. No tenemos muchos datos que conciernen a sus estatutos de abundancia en comparación a la fotosfera.

D. Superabundancia por un factor de 2000 del helio

Hay una excepción particularmente intrigante en cuanto al helio sin embargo, la superabundancia observada por sus dos isótopos, sea He3 y He4 durante las erupciones coronales alcanza la cifra que asombra de 2000 veces ([1], p. 499, Cuadro 11.3). ¿ Podría ser que estas erupciones serían particularmente favorables para la nucleosíntesis de los elementos ligeros (ver más lejos)? ¿ O simplemente permiten observar tal nivel posiblemente general de superabundancia del helio en la corona?

Los elementos de número atómico 31 y más no pueden claramente ser detectados por el momento en la corona con los medios actuales. Pero hace ninguna duda que todos los elementos de la tabla periódica pueden estar encontrados en la corona sería sólo por los intercambios constantes de material entre la corona y la cromosfera ya que han sido detectados hasta el uranio en esta última.

E. Todas las estrellas tienen una corona

En otros lugares en el universo, ha sido descubierto que todas las estrellas examinadas por telescopios a rayos X poseen también una corona, algunas que pertenecen a jóvenes estrellas que son mucho más activas que la del Sol. Una actividad coronal parece pues ser un proceso que acompaña universalmente todas las estrellas.

Ahora que pusimos en perspectiva las principales características no explicadas de la corona, es decir su temperatura extrema y su superabundancia confirmada de prácticamente por la mitad de los elementos que han sido detectados en ella (faltamos de información en cuanto a los otros elementos), analizamos ahora estas características a la luz de otros hechos establecidos.

III. PRODUCTION DE POSITONS DANS LA CORONA

En su obra excelente, Aschwanden pone en perspectiva la producción de positrones en la corona por desintegración β^+ de iones radiactivos como demostrado por Pauli en 1930, que implica un protón de un núcleo atómico que se convierte en un neutrón, un positrón y un neutrino ([1], p. 631, Cuadro 14.3). Sin embargo, y muy asombrosamente, ninguna mención cualquiera que sea es hecha al proceso de materialización de positrones que proviene de fotones de energía 1.022+ MeV que se desacoplan en pares electrón-positrón descubierto por Blackett y Occhialini en 1933 [5]. Un análisis de la mecánica de producción de tales pares en la geometría tri-espacial es hecho en un artículo separado [7].

Este proceso muy bien documentado por fotones de energía 1.022+ MeV que se conviertan fácilmente en pares electrón-positrón cuando rozan con núcleos de átomos ([3], p. 17), también es muy bien conocido en el entorno de los aceleradores a alta energía.

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+ \quad (8)$$

También ha sido demostrado exhaustivamente que los positrones y los electrones son totalmente idénticos, salvo para el signo de sus cargas, ambas partículas que exactamente tienen la misma masa invariable en reposo de $9.10938188E-31$ kg, es decir $0.511 \text{ MeV}/c^2$, lo que exactamente representa la mitad de la energía del fotón más débil que puede convertirse en un par de estas partículas.

Está muy bien establecido que si un fotón que se convierte posee más de 1.022 MeV al principio, la energía en exceso de ambas cantidades de $0.511 \text{ MeV}/c^2$ que constituye las masas de las partículas directamente determina las velocidades relativas en direcciones opuestas de ambas partículas en el espacio después de la materialización ([2], p. 174).

Ninguna mención es hecha tampoco en la obra de Anschwanden, publicada en 2006, de este otro proceso confirmado experimentalmente en 1997 por Kirk McDonald y su equipo al Acelerador lineal de Stanford (SLAC) que revela que haciendo converger dos haces bastante concentrados de fotones electromagnéticos hacia un punto en el espacio, uno de los haces que está constituido de fotones electromagnéticos sin masa que sobrepasan el umbral de 1.022 MeV , pares de electrón-positrón masivos son creados sin que ningún núcleo atómico masivo sea presente.

F. **Abundancia de fotones de 1.022+ MeV en la corona**

¿ Entonces por qué pues estos procesos muy bien documentados de producción de pares electrón-positrón no son mencionados ni en su obra, ni de hecho en algún otro artículo o manual de referencia que concierne la corona, considerando que los fotones de energía 1.022 MeV y más están presentes en ella prácticamente en el estado de continuum? Esta es una pregunta para la que no tengo respuesta.

IV. **HIPÓTESIS DE GÉNESIS DE NUCLEONES EN LA CORONA**

Antes de analizar un proceso que podría explicar las temperaturas en los millones de $^{\circ}\text{K}$ ambientes en la corona, hay que debemos poner en perspectiva un otro proceso muy poco documentado y altamente energético de inducción adiabática.

Más allá de los procesos bien documentados de conversión de primer nivel de conversión de fotones sin masa en pares de electrones-positrones masivos, existe también este otro proceso de segundo nivel prometedor de producción de masa todavía más grande, cuyos primeros elementos fueron teorizados en los años 1950, y el que tampoco no es mencionado en la obra de Anschwanden, pero que es mencionado por M. Haïssinsky, Director de investigación en el C.N.R.S. en París en los años 1950, en su obra "*La chimie nucléaire et ses applications*" [3].

Según él, ha sido demostrado teóricamente que combinaciones metaestables de 2 positrones + 1 electrón, o alternativamente 2 electrones + 1 positrón demuestran una cierta estabilidad pero que era mucho menos que la del positronio, y que ningunos experimentos han sido planificados para poner en claro lo que se producía cuando el proceso de aceleración se activa ([3], p. 33).

Teóricamente, este proceso implica las relaciones siguientes:

$$e^- + 2e^+ \rightarrow p + 3\gamma \rightarrow p + n\pi^0 + n\pi^{\pm} \quad (9)$$

y

$$2e^- + e^+ \rightarrow n + 3\gamma \rightarrow n + n\pi^0 + n\pi^{\pm} \quad (10)$$

El efecto Corona

Está bien establecido experimentalmente que los mesones π (sensatos estar constituidos por quarks arriba y abajo, que son solamente marginalmente más masivos que electrones) pueden ser creados de manera rutinaria en el momento de colisiones frontales entre dos haces de electrones y de positrones [4] y que bariones todavía más masivos (protones y neutrones) son también unos productos acostumbrados de tales experimentos de colisiones entre haces de electrones y positrones, que son mucho menos masivos [6].

Pues ha sido observado de manera rutinaria y estudiado de una manera más profunda en los aceleradores a alta energía que cuando haces de electrones y positrones son proyectados en colisión frontal con bastante energía, un gran abanico de partículas todavía más masivas que los electrones y los positrones se materializan sistemáticamente con arreglo a la cantidad de energía liberada durante tales colisiones, incluyendo protones y neutrones.

El conjunto siguiente habiendo sido mencionado como que fue observado más específicamente:



Estas observaciones experimentales serán discutidas un poco más allá.

Un análisis completo de la mecánica de producción de neutrones y protones en la geometría tri-espacial a partir de tríadas compuestas de electrones y positrones ya es hecho a la referencia [8]. El proceso puede ser resumido como sigue.

Cuando 2 electrones más 1 positrón bastante térmicos y próximos unos de los otros para que se momentáneamente meta-estabilizan antes de la degradación inevitable de sus órbitas (es decir antes de echarse a acelerar adiabáticamente hacia su centro común de masa), observamos que estamos en presencia de dos electrones que se rechazan mutuamente mientras que simultáneamente son atraídos de manera igual por el mismo positrón.

Para que tales tríadas metaestables se formen, las partículas deben estar en un estado térmico de muy débil energía, para que no deja suficiente energía para escapar de sus interacciones mutuas, es decir un estado metaestable sensato degradarse todavía más rápidamente que en el caso del positronio, según Haïssinsky.

Sabemos por los experimentos sobre el positronio que cuando un electrón y un positrón son forzados por acercarse por menos de $2.116708996E-10$ metro uno del otro ([9], p. 323), con una energía insuficiente para escapar de una captura mutua, un sistema metaestable se establece, del que la degradación resulta eventualmente en una desmaterialización del par en 2, 3 fotones o más, dependiendo de la orientación relativa del espín de las partículas incidentes, y posiblemente implicando otras interacciones con los átomos cercanos. Tal desmaterialización es totalmente coherente con la teoría de Dirac de los pares complementarios partícula / antipartícula, y exhaustivamente ha sido confirmada por experimentación ([8], Sección B).

Pero cuando 2 electrones térmicos y 1 positrón térmico son capturados en un sistema común de tan débil energía tal como descrito por Haïssinsky, se encuentran en una situación única ya que las tres partículas son elementales, lo que significa que ninguna de ellas puede estar dividida para formar dos pares que podrían reunirse como en el sistema del positronio para degradarse luego para formar fotones sin masa.

Por supuesto, como la degradación de las órbitas se prosigue en su tentativa de juntarse, las partículas acelerarán adiabáticamente en sus movimientos de traslación alrededor de su centro común de masa, y ambos electrones se rechazarán evidentemente cada vez más fuertemente acercándose mientras que simultáneamente serán cada vez más fuertemente atraídos por el

positrón único. En el modelo a 3-espacios, el resultado final de este proceso es la producción de un neutrón y de tres fotones altamente energéticos.

Por ejemplo, si los quarks abajo eran en realidad unos electrones cuyos características de masas y de cargas fueron forzadas en estos estados alterados para hacerse unos quarks abajo con cargas fraccionarias cuando confinados en las estructuras de los nucleones, continuarían permaneciendo la misma partícula, pero en una forma un poco más masiva con carga disminuida y campo magnético aumentado debido a la deriva interna de la energía hacia el estado magnético, una deriva debida a las órbitas extremadamente apretadas en las cuales son forzados. La misma condición se aplicaría por supuesto los quarks arriba que serían simple positrones forzados de la misma manera.

Entonces por supuesto, el hecho de que los quarks arriba y abajo jamás han sido observados desplazándose libremente fuera de los nucleones fraccionados por colisiones destructivas encuentra una explicación muy simple en el modelo de los 3-espacios, porque tan pronto como sean liberados del entorno electromagnético apremiante de la estructura interna de los nucleones durante tales acontecimientos destructivos, los electrones y los positrones implicados recobrarían inmediatamente sus cargas unitarias y sus masas en reposo acostumbrados.

Una descripción detallada de esta posible mecánica de génesis de nucleones (nucleogenesis) por aceleración adiabática de electrones y positrones sobrepasa de lejos el marco del artículo presente, pero es completamente expuesta en un artículo separado con soporte teórico completo [8]. Similarmente, la deriva magnética responsable de la disminución de la carga eléctrica de las partículas elementales forzadas por establecerse en órbitas cerradas es analizada en un otro artículo separado [11].

A la etapa final de este proceso de aceleración adiabática, conduciendo a la producción de nucleones a partir de tales tríadas, un estado final padece, punto al que las tres partículas poseen una masa ligeramente aumentada y cargas disminuidas, y donde se vuelve imposible para las partículas (2 electrones "ahora quarks abajo" y 1 positrón "ahora quark arriba") de acercarse más cerca uno de otros debido a la repulsión magnética entre los componentes diversos en movimiento, una repulsión que exactamente contrabalancea la atracción electrostática. Este estado de equilibrio es descrito en un artículo separado [2].

El análisis hecho al Capítulo 14 demuestra que cuando las tres partículas se estabilizan al radio de traslación del orden de $1.2E-15$ m, una cantidad de energía adiabática de aproximadamente 310 MeV continuamente es inducida para cada quark de la tríada. Esto significa que cuando este estado final de la tríada en contracción padece, tres fotones electromagnéticos de bremsstrahlung extremadamente energéticos de aproximadamente 155 MeV cada uno serán emitidos para evacuar la energía traslacional (unidireccional) que se acumula durante el proceso de aceleración adiabático, debido a la inercia de esta cantidad de energía unidireccional en movimiento ([8], Secciones VII et VIII), que se convertirán más que probablemente inmediatamente en mesones π , dejando solamente detrás la energía de mantenimiento perpetuamente adiabáticamente inducida a esta distancia entre los quarks.

V. ENERGÍA DE BREMSSTRAHLUNG POR NUCLEOGÉNESIS EN LA CORONA

Ya que cantidades tan grandes de fotones de $1.022+$ MeV constantemente son presentes en la corona, que son *de facto* sujetos a convertirse fácilmente en pares electrón-positrón, las condiciones parecen reunidas para que tríadas constituidas de electrones y positrones que conduzcan a su aceleración para hacerse grandes cantidades de protones y neutrones según la

mecánica analizada aquí puedan formarse en la corona. La pregunta es pues ¿ Qué observaríamos entonces en la corona que podría sostener tal suposición?

En un artículo reciente ([8], Sección VIII), un análisis exhaustivo ha sido hecho, describiendo de qué manera la aceleración electrostática al nivel de las partículas fundamentales induce energía suplementaria cuando un electrón es capturado por primera vez de su existencia por un protón, después de haber sido creado en compañía de un positrón en el momento del desacoplamiento de un fotón electromagnético de 1.022 MeV, un proceso que no viola el principio de conservación de la energía, dado que esta primera secuencia de aceleración de un electrón es un proceso adiabático irreversible ([8], Sección VI).

Del mismo modo, cuando 2 electrones más 1 positrón se capturan mutuamente en un sistema metaestable y aceleran adiabáticamente unos hacia los otros por primera vez de sus existencia en un tal sistema para constituir un neutrón, que posee ahora 600 veces más energía que las tres partículas iniciales, es decir $939.56533 \text{ MeV}/c^2$, después de haberse estabilizados al radio de traslación de $1.2\text{E}-15 \text{ m}$, tres cantidades de energía cinética adiabática aproximadamente de 310 MeV se inducirán continuamente para cada quark de la tríada.

Pues, muy lógicamente, cuando el estado final de la tríada en contracción padece, tres fotones gamma de bremsstrahlung extremadamente energéticos aproximadamente de 155 MeV cada uno son obligatoriamente emitidos cuando cada tríada se estabiliza al radio de traslación correspondiendo al volumen ocupado por un protón o un neutrón. Tal emisión libera pues un total de $155 \times 3 = 465 \text{ MeV}$ de nueva energía para cada nucleón así creado.

G. Aumento de 227 veces de la energía ambiente por nucleogénesis

Como ya analizado, cada tríada térmica de electrones y positrones iniciales se asociará para acelerar luego hasta estabilizarse en forma de uno de estos nucleones; estos electrones y positrones mismos habiendo sido generados a partir de dos fotones de 1.022 MeV previamente desacoplados en pares de electrones-positrones, lo que hace un total de $1.022 \times 2 = 2.044 \text{ MeV}$ de energía inicial.

¡ En total pues, además de crear sea un protón más un electrón libre o un neutrón más un positrón libre, cada acontecimiento de creación de un nucleón a partir de dos fotones iniciales de 1.022 MeV causa un aumento ambiente de energía de $465 \div 2.044 = 227.5$ veces la energía presente cuando el proceso de aceleración se inició, lo que exactamente cae en la magnitud de aumento de energía observada en la corona!

H. Cantidades de mesones de nucleogénesis detectados en la corona

Va sin decir que los tres fotones de 155 MeV producidos se convertirán en piones, ya que parecen en las cercanías inmediatas del nucleón masivo del que se escapan. El modo aparentemente normal de desestabilización de fotones con energía tan alta que es lógicamente su conversión en las partículas pasajeras las más masivas que pueden ser producidas, se convertirán muy ciertamente en mesones π .

Cualquiera de las combinaciones siguientes es pues sujeta de producirse estocásticamente con cada nucleón generado:

$$e^- + 2e^+ \rightarrow p + 3\gamma \rightarrow p + X \quad (12)$$

y

$$2e^- + e^+ \rightarrow n + 3\gamma \rightarrow n + X \quad (13)$$

El efecto Corona

donde X puede tomar cualquiera de los valores siguientes:

$$3\pi^0; 2\pi^0 + \pi^-; 2\pi^0 + \pi^+; \pi^0 + \pi^- + \pi^+; \pi^0 + 2\pi^-; \pi^0 + 2\pi^+; 3\pi^-; 3\pi^+; 2\pi^- + \pi^+; 2\pi^+ + \pi^-$$

Estos mesones han sido observados en abundancia en la corona, y son conocidos para degradarse en un estado final que consiste en electrones y positrones altamente energéticos, y otros fotones gamma menos energéticos, pero la inmensa mayoría sobrepasan siempre el umbral de desacoplamiento de 1.022 MeV ([1], p. 632)!

Los mesones neutros (π^0) tienen una masa en reposo inicial de 135 MeV/c² mientras que los mesones cargados (π^- y π^+) tienen una masa inicial en reposo de 139 MeV/c². Pues, del fotón de 155 MeV cuyo mesón son producidos, el mesón conserva pues una energía cinética muy importante respectivamente de 20 MeV y 15 MeV.

I. **Cantidades de e^+ y e^- suplementarios producidos por la degradación de mesones**

Los mesones π neutros son conocidos para convertirse prácticamente siempre en un par de fotones de energía igual de 67 MeV, y ocasionalmente en un par de electrones-positrones más un fotón que se lleva el resto de la energía, lo que significa que si el mesón se convierte en un simple par de fotones, el resto de su energía cinética será trasladado a la partícula cuya interacción habrá causado su transformación:

$$\pi^0 \rightarrow 2\gamma \quad (14)$$

donde

$$\pi^0 \rightarrow e^- + e^+ + \gamma \quad (15)$$

Por su parte, los mesones π^- et π^+ cargados se convierten generalmente en primer lugar en un muon con el mismo signo y finalmente en un electrón o un positrón con el mismo signo más los neutrinos correspondientes:

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \text{anti-}\nu_\mu \rightarrow e^- + \text{anti-}\nu_e \quad (16)$$

y

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu \rightarrow e^+ + \nu_e \quad (17)$$

¡ Esto significa que si un tal proceso de génesis de nucleones es frecuente en la corona, incluso posiblemente ser la principal fuente de energía de la corona, cantidades de electrones y positrones a alta energía no necesitarían ser aceleradas a estas altas energías, ya que serían producidos ya poseyendo las energías enormes observadas! Lo que no excluye de ninguna manera la posibilidad de aceleración subsecuente por los medios ya estudiados hasta las energías todavía más grandes también observadas ([1], p. 613).

VI. **ABUNDANCIA DE FOTONES DESENCADENANTES DE 1.022+ MEV**

J. **Termalización de los electrones y positrones energéticos**

Debe ser muy claro a este punto del análisis que para que toda tríada constituida de electrones y positrones se establece en un sistema metaestable antes de acelerar para formar un nucleón, las partículas deben ser térmicas al principio, si no, pueden escaparse de nuevo de una tal tríada o combinarse en pares para convertirse en algunos fotones si un electrón se asocia con un solo positrón de la tríada (vía el proceso bien conocido de la degradación del positronio). Lo que es necesario pues para que electrones y positrones térmicos de muy débil energía se

vuelvan disponibles es un proceso que forzaría los electrones y los positrones a alta velocidad que bastante hay que disminuir su velocidad.

Sabemos por observación que tales disminuciones de la velocidad de electrones en la corona son muy frecuentes. De hecho, los fotones de energía débil generados en el momento de emisión libre-libre ("free-free emission" como se llama en inglés) son posiblemente la herramienta más importante de observación de que disponemos para estudiar la corona ([1], p. 42). Este proceso es pues un interesante fuente posible de electrones térmicos.

Una emisión libre-libre es un proceso por el cual un electrón pierde energía en forma de un fotón de bremsstrahlung cuando es desviado por un protón cuando posee una velocidad demasiado grande por ser capturado, lo que es el tipo acostumbrado de encuentro en la corona dado que todos los átomos presentes son altamente ionizados en ella.

K. Creación de pares ya en el estado térmico

Los mejores candidatos sin embargo serían unos fotones que directamente poseerían una energía de 1.022 MeV o ligeramente más ya que sus desacoplamientos no dejarían ninguna energía traslacional en exceso que forzaría ambas partículas creadas a alejarse demasiado una de la otra. Si el azar quiere que un electrón o un positrón térmico se acerca bastante en este momento preciso, una triada mixta podría se meta-estabilizar inmediatamente y el proceso de aceleración concéntrica se dispararía.

L. Creación verificada de pares térmicos en la corona

El hecho es que grandes cantidades de fotones de 10 keV a 10 MeV han sido observadas en la corona. Cada vez que una erupción solar importante se produce, tales fotones son emitidos desde la cromosfera cuando partículas que han sido aceleradas con bastante energía para interactuar con núcleos de átomos recaen sobre la cromosfera más densa donde las numerosas colisiones producen fotones de la buena orden de intensidad, en un proceso continuo de emisión por numerosos procesos: fotones de bremsstrahlung que proviene de electrones, desexcitación nuclear, captura de neutrones, aniquilamiento de positrones o radiación de degradación de piones ([1], p. 42).

Ya que a partir del umbral de 1.022 MeV, los fotones son muy sensibles a desacoplarse en pares electrón-positrón, hace ninguna duda que un gran número de los que rozan con núcleos de átomos fuertemente ionizados en la corona efectivamente se desacoplará en un estado térmico propicio a combinarse con un electrón o un positrón térmico que se encontraría en las cercanías inmediatas.

La presencia de electrones y positrones bastante térmicos pues es asegurada en la corona en número suficiente para permitir el establecimiento de triadas que conducen a la generación de nucleones, proceso capaz de proporcionar un aumento del nivel de energía ambiente de más de 200 veces exactamente como observada, y una producción sistemática de electrones y positrones a alta velocidad tal como también observado en la corona.

VII. NUCLEOGÉNESIS Y NÚCLEOSÍNTESIS EN LA CORONA

M. Génesis constante de nucleones por reacción en cadena de nivel bajo

La pregunta está ahora: A partir del momento en que el proceso de génesis de nucleones en la corona es puesto en marcha en respuesta a la producción de pares debida al desacoplamiento

de fotones libres de 1.022 MeV nacidos de la primera explosión cuando una estrella se encendiera, ¿acaso tal proceso de génesis de nucleones podría auto-mantenerse, en forma de un tipo de reacción en cadena de nivel bajo, no explosivo?

La observación nos muestra que la existencia continua de la corona alrededor del Sol y otras estrellas parece indicarlo, si tal génesis de nucleones realmente era la explicación de las altas temperaturas de las coronas. La mecánica de tal auto-mantenimiento queda por clarificar, pero implica ciertamente los numerosos fotones gamma altamente enérgicos de segunda generación emitidos en el momento de la degradación de los piones innumerables que son producidos.

Ya podemos por supuesto hablar de nucleosíntesis con la creación de protones a partir de tríadas compuestas de electrones y positrones térmicos ya que los protones son de hecho unos núcleos de hidrógeno. ¿ Pero qué hay de los núcleos más masivos de la tabla periódica?

N. *Protones y neutrones producidos en números estadísticamente iguales*

Observamos aquí que estadísticamente hablando, las posibilidades para que un neutrón sea producido por un proceso inicial de aceleración de una tríada son exactamente iguales a las de un protón, lo que significa que cantidades estadísticamente iguales de neutrones y protones son sujetos a ser producidos si el proceso es repetido. Además, todos son producidos en un estado térmico por definición, apareciendo en parada traslacional completa en el lugar de la creación ya que las tres partículas que aceleran transversalmente para constituirlos pueden sólo ser térmicos al principio.

O. *Producción de todos los elementos favorecida por una muchedumbre de nucleones térmicos libres*

Ya que muchedumbres de protones y neutrones térmicos son sujetos a encontrarse próximos los unos de los otros en el plasma coronal, una nucleogénesis de elementos ligeros como el helio, el litio y otros elementos ligeros no sería muy sorprendente dado la presencia de tantos de neutrones térmicos libres en el medio ambiente. Estos núcleos ligeros que siendo fuertemente si no completamente ionizados tienen definitivamente una posibilidad de convertirse en núcleos de número atómico superior, debido una vez más a la presencia en la corona de tantos de neutrones libres, protones y otros núcleos ligeros ionizados.

¿ Podría que tal nivel de nucleosíntesis sea la causa de la superabundancia triple de estos elementos ligeros notada en la corona y los vientos solares respecto a la fotosfera? ¡ La probabilidad es muy grande por supuesto, que sería un proceso que debe haber sido continuo desde que el Sol se encendió ya que se puede presumir que la corona existe desde esta época, y que debe haber producido innumerables trillones de toneladas de nuevos átomos que cubren todo el espectro de la tabla periódica de los elementos!

P. *Prueba de producción continua de elementos en la corona por absorción de neutrones*

¿ De hecho, habría unos signos que una construcción de núcleos que implica la absorción de neutrón se produce en la corona? La respuesta es que sí. Dado que el fotón de bremsstrahlung emitido cuando un neutrón es capturado por un protón posee una firma muy estrechamente característica de 2.223 MeV, es muy fácil identificar en los espectros de radiación. Esta línea gamma muy estrecha es a menudo muy prominente en el espectro de las altas energías de la corona ([1], p. 629 y p. 34, Figura 1.25) que confirma fuera de toda duda que suceden

frecuentemente intensos períodos de captura de neutrones por protones en el corona y que los neutrones son numerosos.

La captura de neutrones por núcleos más masivos implica un abanico de energía de fotones de bremsstrahlung menos fácilmente identificables en los espectros de la corona (incluyendo la captura por iones de He3 que prácticamente no genera ninguna energía), pero ya que las cantidades tan grandes de neutrones están disponibles para captura por protones, no hay ninguna duda que están también fácilmente disponibles para captura por núcleos más masivos.

Los modelos actuales presumen que la población entera de neutrones libres observados debe haber sido producida por colisiones destructivas de iones altamente acelerados de carbono, nitrógeno, oxígeno, hierro, etc., liberando neutrones altamente energéticos, lo que implica que deben ser ralentizados considerablemente antes de poder ser capturados por protones y otros núcleos más masivos ([1], p. 630), pero si fueron producidos por génesis de nucleones tal como analizado aquí, se encontrarían en gran número en la corona después de haber sido producidos ya en un estado térmico que los harían puesto a disposición para captura inmediata.

VIII. EL NACIMIENTO DE SISTEMAS PLANETARIOS

Q. *Los vientos solares*

Mencionamos antes que los vientos solares expulsan constantemente centenas de millones de toneladas de material ionizado de la franja externa de la corona que emigran en todo el sistema solar. El material expulsado de este modo puede ser enviado hasta más allá de Plutón, hasta la heliopausa, a cerca de 100 veces la distancia entre la Tierra y el Sol, y que es la frontera donde la presión de los vientos solares cae en equilibrio con la presión de las partículas que vienen del espacio interestelar. Clarificamos ahora la naturaleza de estos vientos solares.

Los vientos solares todavía están en proceso de análisis porque su mecánica no es comprendida todavía totalmente, pero es comprendido sin embargo que el campo magnético del Sol es su causa. El componente más fuerte (el viento rápido) es causado por los flujos magnéticos abiertos que vienen de los polos del Sol mientras que el componente débil (el viento lento) principalmente origina del cinturón ecuatorial del Sol, una región donde los flujos magnéticos son generalmente cerrados.

Los flujos que vienen de los polos son cualificados de abiertos porque no son observados replegándose hacia el Sol como todo flujo magnético debe hacerlo. Parece evidente sin embargo que las líneas magnéticas que vienen del polo Norte deben eventualmente replegarse para re-entrar en el polo Sur del Sol, si no, habría contradicción con las ecuaciones de Maxwell. Se repliegan ciertamente, posiblemente tan lejos que la heliopausa sin que nos hallamos en situación de verificarlo directamente por el momento dado la distancia implicada.

R. *Expulsión de 6.7 mil millones de toneladas de material por hora*

¡ Ha sido calculado que los vientos solares expulsan de la franja exterior de la corona un flujo continuo en todas las direcciones de cerca de 6.7 mil millones de toneladas de material ([1], p. 703) por hora que tienen velocidades iniciales variando de 1.44 a 2.88 millones de kilómetros por hora ([1], p. 167) lo que significa que se necesita solamente cerca de 150 millones de años para que el equivalente de la masa total de la Tierra sea eyectado!

El efecto Corona

Las obras de consulta parecen dar a entender que todavía no es comprendido para qué las partículas ionizadas llevadas por los vientos solares adquieren velocidades tan elevadas de eyección cuando alcanzan una distancia de cerca de 5 radios solar de la fotosfera.

Pero ya que todas las partículas en las masas de material en curso de eyección que son llevadas por el campo magnético poderoso del Sol pues son ionizadas, cargadas y se desplazan en la misma dirección, la ley de Lorentz

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (18)$$

obliga que un campo eléctrico que obedece a la relación $\mathbf{v} = \mathbf{E}/\mathbf{B}$ se coloque para dar cuenta del desplazamiento en línea recta de todas estas partículas que se alejen del Sol (ver Sección 4.6), que son cargadas y se desplazan en un campo magnético. No existe ningún otro medio para que partículas cargadas puedan desplazarse en línea recta a alguna velocidad que sea si este equilibrio \mathbf{E}/\mathbf{B} no está localmente establecido, implicando densidades iguales de ambos campos ambientes, sea eléctrico (\mathbf{E}) y magnético (\mathbf{B}).

Lo que se produce más probablemente es que en el momento donde una masa de partículas ionizadas (pues cargadas) es forzada por las circunstancias que hay que comenzar a desplazarse en la misma dirección en un campo magnético dirigido, sus campos eléctricos individuales pueden sólo sumarse para constituir un campo eléctrico macroscópico del mismo orden de dimensiones que el campo magnético ambiente. Ver al respecto el análisis de los efectos Einstein-de Haas y Barnett efectuado en un artículo separado [10].

Una idea similar fue propuesta por otra parte por Kaoru Takakura en 1988 ([1], p. 499, bajo-ref.: *Solar Physics Journal*, No. 115, p. 149) que implicaba procesos de interacción ondas-electromagnéticas / partículas-estocásticas, la aceleración produciéndose a la escala de las partículas para armonizarse a un nivel medio al nivel macroscópico.

Tal campo eléctrico no tiene otra elección que de establecerse normal respecto el campo magnético ambiente y también respecto la dirección de movimiento del conjunto de las partículas, ya que según Maxwell y Lorentz, toda partícula cargada que se desplaza en línea recta puede hacerlo únicamente perpendicularmente a un plano definido por un campo magnético que es perpendicular a un campo eléctrico, estos dos campos, cuya intensidad determina la velocidad de la partícula, siendo perpendicular a la dirección de movimiento de esta partícula. Simplemente no existe ninguna otra posibilidad.

s. **Eyecciones de masas coronales (EMC)**

La velocidad de las cantidades masivas de partículas implicadas no tendrá otra elección que de ajustarse a la intensidad del equilibrio macroscópico \mathbf{E}/\mathbf{B} en proceso de establecerse para sostener su movimiento en línea recta hacia el espacio. Tal ajuste, sea la aceleración, debe sin duda ser progresivo sobre un período medible de tiempo a medida que el campo eléctrico global se construye hacia esta alineación normal a \mathbf{E}/\mathbf{B} , lo que precisamente es lo que directamente ha sido medido para las EMCs, que vamos ahora a examinar ([1], p. 721).

t. **Las EMCs eyectan cada día 125 veces más material que los vientos solares**

Además del flujo constante de eyección de material debido a los vientos solares, acontecimientos cataclísmicos nombrados Eyecciones de Masas Coronales (EMC) que típicamente se producen varias veces cada día eyectan de 100 mil millones a 10 trillón de toneladas de material cada vez a velocidades que van de 360000 km/h a 7.2 millones de km/h ([1], p. 703), alcanzando así el principio de la gama de las velocidades relativistas. ¡ Esto

El efecto Corona

significa que por término medio, las EMCs eyectan cada día de 2 a 125 veces más material que el flujo constante eyectado por los vientos solares!

Ha sido probado que todos los procesos de eyección EMCs son iniciados desde la franja exterior de la corona exactamente como las eyecciones debidas los vientos solares y no próximo de la cromosfera ([1], p. 731) lo que confirma que no son provocados por los procesos más enérgicos de la baja corona.

¡ Si establecíamos para las EMCs a una conservadora media de 30 veces más material eyectado que las eyecciones constantes debidas a los vientos solares, esto significa que combinando ambos procesos de eyección, sólo 5 millones de años son requeridos para que el equivalente de la masa total de la Tierra sea eyectado de la corona para difundirse en todo el sistema solar! ¡ Y este proceso de eyección aparentemente está en acción desde que el Sol se encendió hace 4.5 mil millones de años!

U. *La masa total del sistema planetario eyectada por la corona en menos de 2,275 mil millones de años*

¡ Considerando que la masa combinada por el sistema planetario entero del Sol, incluyendo el material del cinturón de Kuiper y otros materiales comprendidos en la heliosfera, corresponde aproximadamente a 455 masas terrestres, pues habría sido necesario de solamente 2.275 mil millones de años para que una masa equivalente hubiera sido eyectada de la corona en todo la heliosfera!

Ya que las coronas alrededor de las estrellas más jóvenes han sido observadas como siendo mucho más enérgicas que la nuestra, parece pues probable que fue también el caso para la nuestra. Pues, el tiempo para que esta cantidad de masa hubiera sido eyectada de la corona cuando el Sol era joven podría haber sido mucho más corto, posiblemente menos de 500 millones de años. Las cifras avanzadas son aproximadas por supuesto, pero más que probablemente del buen orden de magnitud.

¿ Cuál conclusión podemos pues sacar de estas cifras?

v. *Toda la materia del sistema planetario viene de la corona*

Ha sido teorizado hasta ahora que los elementos más masivos presentes en el sistema solar debieron haber sido formados en el momento de explosiones de supernovas en otros lugares en el universo y debieron haber emigrada de una manera u otra hay cerca de 4 mil millones de años para volverse disponibles para constituir eventualmente los planetas de nuestro sistema.

No hay ninguna duda que las supernovas eyectan millones innumerables de toneladas de todos los elementos cuando explotan, pero acabamos de ver que si un proceso de nucleosíntesis generalizado realmente se produce en la corona, cuyos indicios bastante convincentes son las temperaturas en los millones de grados °K y la superabundancia confirmada de los metales detectados en la corona respecto la cromosfera, existe una posibilidad efectiva para que todos los elementos presentes en el sistema solar sean indígenas, excepto obviamente la nube de hidrógeno inicial que se condensó inicialmente en una acumulación que alcanzó eventualmente la masa estelar crítica que causó su ignición para hacerse una estrella.

Si tal era el caso, es más que probable que debido a sus masas más elevadas, los iones masivos formados en la corona habrían tendido a ser proyectados menos lejos del Sol que los elementos más ligeros por las EMCs lento y por el viento solar lento que domina en el plano de la eclíptica.

El efecto Corona

Esto podría explicar muy simplemente por qué los planetas interiores, Mercurio, Venus, la Tierra, Marte y el cinturón de asteroides son mucho más densos que los planetas gaseosos gigantes exteriores, que por su parte podrían haber sido producidos por las ECMs a alta velocidad y vientos solares rápidos, donde incluso en esos casos los iones más masivos que podrían también haber sido expedidos a distancias menos grandes que los elementos ligeros debido a sus masas más grandes. Esto podría también explicar por qué los planetas más densos se encuentran más próximos del Sol con los otros que generalmente disminuyen de densidad con la distancia.

Tal posibilidad simplificaría mucho la comprensión de la creación de los sistemas planetarios en el universo ya que no sería necesario más invocar para hacerlo la hipótesis bastante atrevida de la creación de todos los elementos masivos del universo únicamente como que provendrían de explosiones bastante raras de supernovas.

w. *Todas las estrellas pueden desarrollar un sistema planetario*

Finalmente, tal proceso de nucleosíntesis de todos los elementos en la corona del Sol combinado a la presencia confirmada de coronas que acompañarían todas las estrellas observadas confirmaría la hipótesis que todas las estrellas obligatoriamente desarrollan eventualmente un sistema planetario.

Por otra parte, es estimado que el Sol se volvió activo hay cerca de 4.6 mil millones de años, cifra muy aproximada y quien podría fuertemente haber sido muy subestimada. Estamos seguros solamente por el hecho de que es más antiguo que la Tierra dado que la piedra más antigua identificada ha sido fechada a más de 4 mil millones de años. Pero aunque tomando esta cifra de 4.6 mil millones de años como referencia, esto significaría que desde este momento hasta nuestros días, el equivalente de 2 a 10 veces la masa de nuestro sistema planetario entero tuvo tiempo de ser eyectada por la corona.

Incluso refiriéndose al estimado muy conservadora de 2 veces esta cantidad, la cuestión que viene a la mente es ¿ que llegó al material suplementario eyectado, sea el equivalente de la masa actual de nuestro sistema planetario, sea 455 veces la masa de la Tierra?

Hay sólo una respuesta lógica a esta cuestión. Exactamente como se producen intercambios intensos de material a la interfaz cromosfera-corona, debe existir intercambios similares a la interfaz heliosfera-galaxia, proyectando posiblemente este material hasta en esta acumulación helio-centrada que envuelve el sistema solar, de otro modo todo este material lógicamente todavía se encontraría dentro de la heliosfera.

Esto significa también que todas las estrellas debieron (y todavía deben) comenzar a existir sin sistema planetario después de haber nacido de la condensación de una parte del plénum primordial de hidrógeno, que él mismo debió haber comenzado con algunos fotones primordiales altamente energéticos, que, en un pasado incalculablemente lejano, mutuamente se habrían desestabilizados en los dos primeros pares que entonces produjeron el primer núcleo de hidrógeno liberando a los tres primeros mesones que produjeron la generación siguiente de electrones, positrones y fotones a alta energía que han debido mantener el proceso irreversible de materialización en marcha.

Los sistemas planetarios progresivamente se habrían construido entonces a partir del nuevo material producido en las coronas, y sus masas progresivamente habrían aumentado hasta nuestros días mientras que el material en demasía fue progresivamente eyectado en el entorno galáctico. Esto significa entonces que la masa de los sistemas planetarios y de las galaxias

debió aumentar con el tiempo y que el Universo se volvió progresivamente más masivo con el tiempo, un proceso que estaría siempre en marcha.

IX. CONCLUSIONES

Si el proceso de nucleosíntesis anteriormente descrito era confirmado como produciéndose en la corona, esto proporcionaría una explicación directa de las temperaturas extremas observadas en la corona.

Si este proceso anteriormente descrito de nucleosíntesis de elementos más masivos que el hidrógeno era confirmado como produciéndose en la corona, esto vendría en soporte a la hipótesis que todos los elementos del Sistema solar podrían ser indígenas y que todas las estrellas pueden desarrollar un sistema planetario.

X. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Markus Aschwanden. **Physics of the Solar Corona**, Springer, 2006.
- [2] Michaud A. (2013). **On the Magnetostatic Inverse Cube Law and Magnetic Monopoles**. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 5 (June 2013), PP.50-66.
- [3] M. Haïssinsky. **La chimie nucléaire et ses applications**, France, Masson et Cie, Éditeurs, 1957.
- [4] Goldhaber G. et al, **Observation in $e^+ e^-$ Annihilation of a Narrow State at 1865 MeV/c² Decaying to $K\pi$ and $K\pi\pi\pi$** , Phys. Rev. Let. Vol. 37 No.5, 255 (1976).
- [5] Blackett, P.M.S & Occhialini, G. (1933) **Some photographs of the tracks of penetrating radiation**, Proceedings of the Royal Society, 139, 699-724.
- [6] Hanson, G, Agrams G.S. et al. (1975). **Evidence for Jet Structure in Hadron Production by $e^+ e^-$ Annihilation**. Phys. Rev. Let., Vol. 35, No. 24, 1609-1612.
- [7] Michaud A (2013). **The Mechanics of Electron-Positron Pair Creation in the 3-Spaces Model**. International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 10. pp. 36-49.
- [8] Michaud A (2013). **The Mechanics of Neutron and Proton Creation in the 3-Spaces Model**. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN : 2278-800X. Volume 7, Issue 9. pp.29-53.
- [9] Walter Greiner & Joachim Reinhardt, **Quantum Electrodynamics**, Second Edition, Springer Verlag New York Berlin Heidelberg, 1994.
- [10] Michaud A (2013). **On the Einstein-de Haas and Barnett Effects**, International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 6, Issue 12, pp. 07-11.