

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

**PROPUESTA PARA ESTUDIO DE LOS RAYOS CÓSMICOS
SECUNDARIOS EN EL CONTEXTO ACADÉMICO DE LA
UMNG**

**PROPOSED FOR THE STUDY OF COSMIC SECONDARY RAYS IN THE
ACADEMIC CONTEXT OF THE UMNG**

AUTOR

IVAN ARTURO MORALES DE LA HOZ

Ingeniero Mecánico

Bogotá, Colombia

U2700917@unimilitar.edu.co

Artículo de Investigación

DIRECTOR

Ph.D. Ximena Lucía Pedraza Nájjar

Doctora en Administración – Universidad de Celaya (México)

Magíster en Calidad y Gestión Integral – Universidad Santo Tomás e Icontec

Especialista en gestión de la producción, la calidad y la tecnología - Universidad Politécnica
de Madrid (España)

Especialista en gerencia de procesos, calidad e innovación – Universidad EAN (Bogotá D.C.)

Microbióloga Industrial – Pontificia Universidad Javeriana

Auditor de certificación: Sistemas de gestión y de producto

Gestora Especialización en Gerencia de la Calidad - Universidad Militar Nueva Granada

ximena.pedraza@unimilitar.edu.co; gerencia.calidad@unimilitar.edu.co



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO DE RECURSOS
NATURALES**

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

JUNIO DE 2019

PROPUESTA PARA ESTUDIO DE LOS RAYOS COSMICOS SECUNDARIOS EN EL CONTEXTO ACADEMICO DE LA UMNG

PROPOSED FOR THE STUDY OF COSMIC SECONDARY RAYS IN THE ACADEMIC CONTEXT OF THE UMNG

AUTOR

IVAN ARTURO MORALES DE LA HOZ

Ingeniero Mecánico

Bogotá, Colombia

U2700917@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Teniendo en cuenta el Proyecto Educativo de los Programas (PEP) de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG) en consideración al programa grupos y líneas de investigación existentes en el Departamento de Ciencias Básicas que soportan el programa de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecatrónica y Medicina (UMNG, 2019), como para el (PEP) de postgrado Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales (UMNG, 2019), se propone el estudio de la climatología espacial en el entorno experimental de la física de partículas con base en los proyectos existentes en el sector académico e institucional internacional, específicamente para la radiación cósmica de fondo primaria y secundaria, haciendo énfasis en la segunda debido a su importancia en la troposfera terrestre que hace parte del estudio de las Ciencias Ambientales, bajo las implicaciones que inciden en la salud pública, los ecosistemas, la biodiversidad, el cambio climático y la variabilidad climática, como también las potenciales aplicaciones en el campo del monitoreo y análisis del suelo, agua y aire.

Palabras clave: Climatología espacial, salud pública, partículas, radiación cósmica secundaria, troposfera, ecosistemas, biodiversidad, cambio climático, monitoreo, suelo, agua, aire.

ABSTRACT

Taking into account the educational project of the programs (PEP) of the Universidad Militar Nueva Granada (UMNG) in consideration of the program existing groups and lines of research in the Department of Basic Sciences that support the program of Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecatrónica and Medicina (UMNG, 2019), as for the (PEP) specialization in Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales (UMNG, 2019), proposes the study of space climatology in the experimental of particle physics whit based on existing projects in the international academic and institutional sector, specifically for primary and secondary cosmic background radiation, emphasizing the second due to its importance in the terrestrial troposphere that is part of the study of the Environmental Sciences, under the implications that affect public health, ecosystems, biodiversity, climate change and climate variability, as well as potential applications in the field of soil, water and air monitoring and analysis.

Keywords: Space climatology, public health, particles, secondary cosmic radiation, troposphere, ecosystems, biodiversity, climate change, monitoring, soil, water, air.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

INTRODUCCIÓN

La climatología consiste en el estudio del clima, sus variaciones, sus extremos a lo largo del tiempo, exceptuando predicciones de corto tiempo que es exclusivo de la meteorología, y su influencia en varias actividades, sobre todo (aunque no exclusivamente) en los ámbitos de la salud, la seguridad y el bienestar humanos. En sentido estricto, se entiende por clima las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y período de tiempo determinados. El clima puede explicarse mediante descripciones estadísticas de las tendencias y la variabilidad principales de elementos pertinentes como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad y los vientos (OMM, 2011), y como tal el estudio de la climatología espacial es la definición de fenómenos termodinámicos asociados a las condiciones físicas del Sol, el Medio Interplanetario, el campo geomagnético, la Atmósfera terrestre y de la Superficie terrestre, como el remanente de energía del big bang (inflación cósmica), energía de supernovas, que se encuentran influidas por la interacción Sol-Tierra. (MacMahon, 2019)

Uno de los contenidos de estudio de la Climatología espacial pertenece al origen de los rayos cósmicos (RC) el cual sigue siendo una cuestión perdurable en la astrofísica. Un paradigma tradicional es que las fuentes del grueso de estas partículas podrían ser remanentes de supernovas en la Galaxia (Deligny, 2019), la lluvia de partículas de alta energía se produce cuando golpean la parte superior de la atmósfera de la Tierra. Los (RC) fueron descubiertos inesperadamente en 1912 por Victor Franz Hess. Ahora se sabe que la mayoría de los (RC) son núcleos atómicos. La mayoría son núcleos de hidrógeno; algunos son núcleos de helio y elementos más pesados que el resto. Los cambios de abundancia relativa con la energía de los rayos cósmicos son los más altos de energía y tienden a ser núcleos más pesados. Aunque muchos de los rayos cósmicos de baja energía provienen de nuestro sol, el origen de los rayos

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

cósmicos más energéticos sigue siendo desconocido y un tema de mucha investigación. Los rayos cósmicos pueden incluso ser importantes para el clima de la Tierra, como el rayo común que puede ser activado al pasar los rayos cósmicos (Hoz, 2014).

En el estudio del clima terrestre recientemente se indica que está siendo afectado por los ciclos solares (el ciclo solar de mayor actividad está asociado a la presencia de tormentas solares así mismo la actividad magnética es mayor, como resultado menor cantidad de (RC) llega a la atmosfera terrestre), las radiaciones solares son el principal forzamiento del clima terrestre. Para comprender el sistema climático, es necesario tener una mejor comprensión de la respuesta climática a este forzamiento solar único.

Por tal razón se han realizado esfuerzos para reconstruir la irradiación solar espectral histórica para modelar la respuesta del clima a las variaciones solares (V. Kumar et al, 2018); por tanto, el clima de la tierra está en correlación con el clima espacial comportándose conjuntamente como un sistema termodinámico abierto y cerrado.

Los históricos climatológicos indican variaciones en el flujo y absorción de la (RCS) debido a la interacción con las magnitudes termodinámicas de la atmosfera terrestre (humedad, presión atmosférica, temperatura, etc....), asociado al incremento de los Gases de efecto invernadero (GEI) a la par del clima espacial, que de acuerdo a los gráficos de la progresión del ciclo solar y su pronóstico (SWPC, 2019) existe una reducción asintótica, con una relación causal negativa que incrementa en igual medida los valores de (RCS) sobre la troposfera terrestre.

Estudios sobre la dosis de radiación ionizante que es la (RCS), en aeronaves, evidencian que para los tripulantes y pasajeros está por encima de 1 mSv/año para todas las rutas

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

internacionales y este valor según lo medido en casi la mitad de las rutas nacionales en Colombia (Suarez, 2017); teniendo en cuenta la International Commission on Radiological Protection (ICRP), en las gestantes los valores en el caso del feto la dosis no debe ser mayor de 1 mSv durante el tiempo de la gestación. El límite para la población general es de 1 mSv/año, el rango de la dosis media anual efectiva para la tripulación de la aeronave es del orden de unos pocos mSv (1,2–5 mSv según las rutas de vuelo ofrecidas por las aerolíneas en un país), con un valor máximo de aproximadamente 6–7 mSv. La dosis media anual efectiva depende en gran medida del tiempo de vuelo anual promedio, y es del orden de 600 h en los países europeos y 900 h en los Estados Unidos. (ICRP, 2016)

En la actualidad el monitoreo en Colombia de magnitudes ambientales dentro del campo de la radiación están incluidas la radiación ultravioleta e infrarroja, columna de ozono, radiación directa y radiación difusa, las dos últimas resuelven la obtención de la radiación global (Hoz, 2014), y se evalúan por parte de los organismos meteorológicos entre entidades académicas e.g. Fundación Universitaria Los Libertadores como instituciones públicas y privadas del país e.g. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Corporación Autónoma Regional (CAR), Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA).

Instituciones académicas como lo es el MIT (Massachusetts Institute of Technology) cuentan con el programa de investigación CosmicWatch, cuyo modelo piloto es un detector de fotones (velocidad y deterioro de los muones de rayos cósmicos) el cual permite desarrollar investigaciones relacionadas a la cinemática relativista (MIT, 2014); de manera paralela Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) el equipo de investigadores del grupo de altas energías está fabricando detectores de muones de rayos cósmicos, que les permiten adquirir conocimientos en la programación y análisis de datos.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Entidades de carácter gubernamental cuentan con detectores de partículas electromagnéticas e.g. aceleradores de partículas que permiten el estudio de los (RC).

Para el estudio de la (RCS) es necesario adquirir dispositivos de medición que permiten evaluar el rango dentro del espectro electromagnético, los cuales suministran datos que robustecen los sistemas de información meteorológicos.

La sensibilidad de las fronteras ecológicas correspondientes al régimen climático de la topografía en Colombia, corolario es útil para detectar ligeras variaciones en las magnitudes climatológicas, lo que resulta un laboratorio natural para la caracterización programación y lectura de datos de la (RCS), encauzado al desarrollo de pronósticos, planes de adaptación climática y ambiental, de conservación de ecosistemas y de biodiversidad, en sistemas de gestión del riesgo, programas para la salud pública, como también para aplicaciones de medición y seguimiento del suelo, agua y aire por medio de tomografía y dosimetría, que así mismo robustecen la información de la red mundial.

La propuesta de estudio en el contexto académico de la (UMNG) frente a la climatología espacial (física de partículas (radiación cósmica secundaria (RCS)) como asignatura del núcleo básico, teoría fundamental de la temática ambiental y como línea de investigación en el Departamento de Ciencias Básicas que soportaran el programa de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecatrónica y Medicina (UMNG, 2019), como para el programa de postgrado Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales; permitirá ampliar el campo de acción del perfil del estudiante y del egresado debido a que conduce a diseños y desarrollos de evaluaciones, planes, mecanismos de control, y seguimiento y mejora continua del desempeño ambiental (UMNG, 2019).

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Conceptos

En la climatología espacial la luz ocupa un lugar preponderante, los estudios desarrollados por Isaac Newton (circulo cromático), como los de Albert Einstein (Efecto fotoeléctrico) permiten determinar cómo está constituida la luz, la cual está formada por la dualidad de *onda* y *partícula*, donde la primera se describe con las magnitudes de longitud y frecuencia; y la segunda por fotones o protones, neutrones y un cúmulo de otras partículas exóticas, están compuestas de seis diferentes variedades de partículas llamadas quarks, a las que se les ha dado los nombres de arriba, abajo, extraño, encanto, fondo y cima (Raymond Serway, 2008); el acercamiento por medio del espectro electromagnético indica que ondas largas son de menor frecuencia y menor energía e.g. las ondas de radio y televisión; por otro lado las ondas cortas son de mayor frecuencia y mayor energía e.g. radiación UV, rayos gamma y (RC), y en consecuencia mayor es su impacto sobre la atmosfera terrestre.

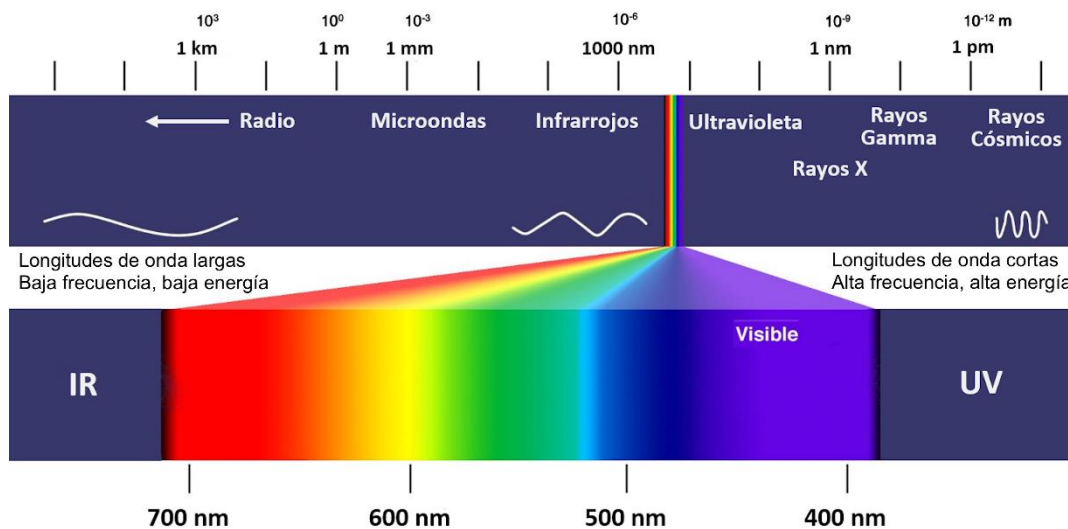


Imagen 1 : Espectro electromagnético (Joaquin Campos, 2015)

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

La (RC) está cargada con partículas con energía, su unidad de medida es el electronvoltio eV, descrita como la energía cinética que adquiere un electrón, inicialmente en reposo, cuando se le somete a una diferencia de potencial de 1 voltio, en esencia fuerza en Julios de una partícula (fuerza con la que choca la partícula); para el efecto biológico de dosis de radiación se utiliza la unidad Sievert (Sv). Las dosis de radiación cósmica se miden generalmente en microSievert (Sv) por hora o mili-Sievert (mSv) por año ($1 \text{ mSv} = 1,000 \text{ Sv}$) (Suarez, 2017), en su mayoría la (RC) contiene núcleos de hidrógeno y helio, que viajan a casi la velocidad de la luz a través del espacio y bombardean la Tierra desde todas las direcciones.

La masa, como la energía, es una propiedad que se conserva y no se puede crear ni destruir en el transcurso de un proceso.

$$E = mc^2$$

Donde (c) es la velocidad de la luz en el vacío $c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$, la masa m y la energía E se pueden convertir una en la otra.

Cabe considerar que la radiación cósmica se comporta bajo estos principios básicos e interacciona con los cuerpos que se interceden en su camino.

Teniendo en cuenta el aspecto físico de la radiación como se interpreta en la mecánica de fluidos, como en la termodinámica para la conservación de la energía por transferencia de energía, por la vía de flujo de masa conocido como balance de energía.

$$\dot{E}_{ent} - \dot{E}_{sal} = \frac{dE_{VC}}{dt}$$

El Sol es la fuente de la mayoría de los rayos cósmicos a energías relativamente bajas. Las fuentes de rayos cósmicos en energías superiores se encuentran fuera del sistema solar, mientras que los rayos cósmicos en las energías más altas provienen de fuera de la Vía Láctea.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Los rayos cósmicos generalmente son detectados por instrumentos que clasifican cada partícula incidente en cuanto a tipo, energía y, en algunos casos, tiempo y dirección de llegada.

Los rayos cósmicos solares y galácticos pueden identificarse directamente colocando detectores sobre la atmósfera, mientras que los rayos cósmicos extra-galácticos de muy alta energía pueden detectarse solo indirectamente a través de las duchas de partículas secundarias que se generan al destruir las moléculas en la atmósfera terrestre.

Las fuentes probables de rayos cósmicos de alta energía incluyen los agujeros negros supermasivos en los núcleos galácticos, los remanentes de supernova, los estallidos de rayos gamma y las galaxias de estallido de estrellas, aunque los mecanismos para acelerar las partículas que se convierten en rayos cósmicos no se conocen completamente. (Bergman, 2019)

1.2. Investigaciones

Los científicos de la NASA (National Aeronautics and Space Administration), como también el laboratorio CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), recientemente han llegado a inferir que los rayos cósmicos (RC) tienen una importante influencia sobre el clima de la Tierra. Los rayos cósmicos son partículas cargadas altamente energéticas que se originan en varias fuentes en el espacio exterior.

Existen un enlace entre los niveles de rayos cósmicos y las tormentas con truenos. Cuando el Sol está activo, su campo magnético es más fuerte y como resultado menos rayos cósmicos llegan a la vecindad de la Tierra, existen variaciones del flujo de rayos cósmicos, predichas por los modelos galácticos y observados en los meteoritos de hierro, están en sincronismo con la ocurrencia de épocas glaciales en la Tierra. El acuerdo es tanto en período como en fase. (ARVAL, 2016)

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Progresión del ciclo Solar – Número de mancha solar



Imagen 2 : Progresión del ciclo solar (SWPC, 2019)

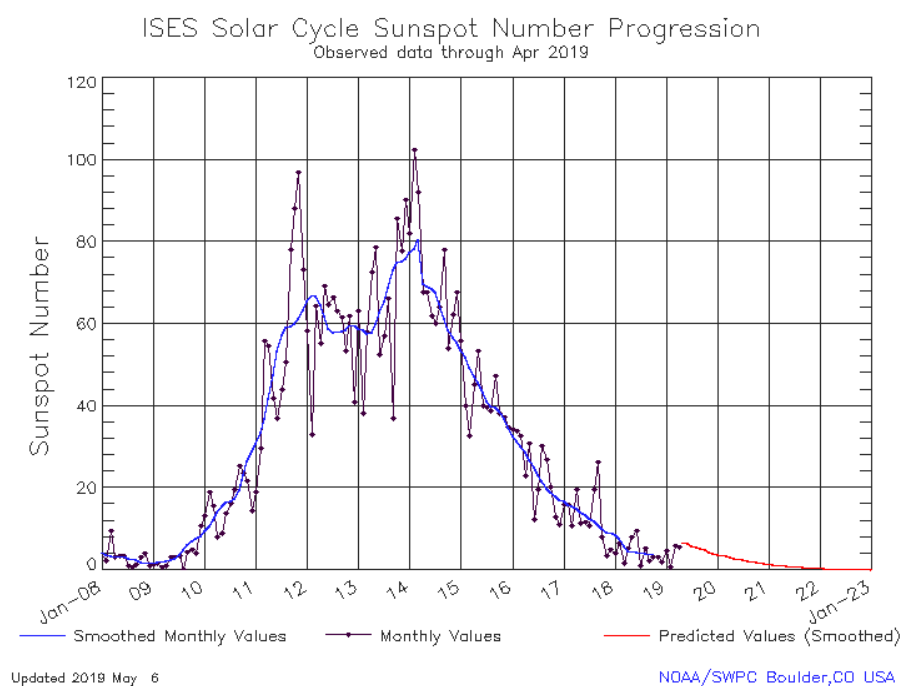


Imagen 3 : Histórico actividad solar (NOAA, 2019)

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

La relación inversa entre temperatura y (RC) es clara; cuando se eleva el (RC), la temperatura cae, cuando el (RC) baja, la temperatura sube.

La evidencia encontrada en la base de datos del observatorio ARVAL, de correlaciones entre los récords del paleoclima y los indicadores solares y de actividad de rayos cósmicos, sugieren que fenómenos climáticos espaciales son responsables por la variabilidad climática en escalas de tiempo desde días hasta milenios.

El movimiento del sistema solar entrando y saliendo de los brazos espirales de la Vía Láctea es responsable por los cambios en la cantidad de rayos cósmicos que impactan la atmósfera Terrestre.

Las variaciones en el flujo de rayos cósmicos explican más de dos tercios de la varianza en la temperatura reconstruida, haciendo la variabilidad en (RC) el motor dominante en el clima en escalas de tiempo geológico.

De acuerdo a los cálculos consignados en observatorio ARVAL, por algún tiempo un ciclo de 62 ± 3 millones de años en la diversidad de los fósiles ha persistido por los últimos 542 millones de años, así mismo las medidas efectuadas para los rayos cósmicos de muones, regulados por el ciclo solar dan cuenta de la variabilidad de temperatura en sincronismo con el ciclo de 11 años de las manchas solares.

Recientemente, se ha propuesto que el ciclo es causado por la modulación de (RC) debida a la oscilación vertical del Sistema Solar en la galaxia, que tiene un período de cerca de 64 millones de años. (ARVAL, 2016)

Se evidencia que en cientos a miles de años la regulación Solar de los rayos cósmicos incide en cambios en la irradiación Solar. Esta variabilidad incluye cambios climáticos históricos como los observados en la Pequeña Edad de Hielo y el Período Medieval Cálido.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

En decenas a cientos de miles de años los ciclos de Croll-Milankovitch que combinan las variaciones actitudinales y orbitales de la Tierra provocan la variabilidad que impulsa los ciclos glaciales-interglaciares durante las edades de hielo, inclinación del eje de la Tierra con respecto a su plano orbital y precesión.

Para millones a cientos de millones de años el tránsito del Sistema Solar por los brazos espirales de la galaxia, causan variación en la intensidad general de rayos cósmicos. Esta variabilidad regula los ciclos de los períodos de las edades de hielo y los períodos cálidos. (Shaviv, 2019)

Las variaciones climáticas importantes durante los últimos 7,5 milenios indican que las variaciones bicentenarias cuasi-periódicas de la Irradiancia Solar Total (TSI) definen un mecanismo cíclico correspondiente de cambios climáticos desde calentamiento global hasta pequeñas edades de hielo y fijan los plazos de prácticamente todos los procesos físicos que tienen lugar en el sistema Sol-Tierra.

Variaciones cíclicas cuasi-bicentenarias de la (TSI) entrando en la atmósfera superior de la Tierra son la principal causa fundamental de las correspondientes alteraciones de las variaciones climáticas. Al mismo tiempo, variaciones a más largo plazo del promedio anual de la (TSI) debidas a cambios en la forma de la órbita de la Tierra, como los ciclos astronómicos de Croll-Milankovitch, junto con los efectos de retroalimentación ulterior, conducen a los grandes períodos glaciales (con un período de unos 100.000 años).

Así la variación cuasi-bicentenario de la (TSI) siempre conduce al desequilibrio del presupuesto anual promedio de energía del sistema Tierra-atmósfera, mientras que el próximo gran mínimo de la (TSI) conduce al déficit del presupuesto anual promedio de energía de la Tierra y a la Pequeña Edad de Hielo.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Desde principios de los noventa se ha observado una disminución en ambos, la (TSI) y por lo tanto en la porción de energía absorbida por la tierra. Puesto que el Sol está en la fase de declive de la variación cuasi-bicentenaria, la disminución anual promedio del valor absoluto suavizado de la (TSI) desde el ciclo 22 a los ciclos 23 y 24 está aumentando.

La tendencia observada de la creciente tasa de declive anual promedio en el valor absoluto de la (TSI) permite sugerir que esta disminución en su totalidad corresponderá a la disminución análoga de la (TSI) en el período de mínimo de Maunder según su reconstrucción más confiable.

Tengamos en cuenta que el nivel máximo del componente de 11 años de la (TSI) ha disminuido en cinco años del ciclo 24 en $\sim 0,7 \frac{W}{m^2}$ con respecto al nivel máximo del ciclo 23. La Tierra como planeta tendrá también un balance negativo en el presupuesto de energía en el futuro, porque el Sol ha entrado en la fase de declive del ciclo cuasi-bicentenario de las variaciones de la (TSI). Esto llevará a un descenso de la temperatura y el comienzo de la época de la Pequeña Edad de Hielo aproximadamente después del máximo del ciclo solar 24 desde el año 2014.

Así, las variaciones cuasi-bicentenarias de la (TSI) (permitiendo sus impactos directos y secundarios, siendo el último debido a los efectos de retroalimentación secundarios) son la causa principal y esencial de los cambios climáticos. El Sol es el principal factor que controla el sistema climático e incluso variaciones no significativas de la (TSI) a largo plazo pueden tener graves consecuencias para el clima de la Tierra y otros planetas del sistema solar.

Los cuasi-bicentenarios ciclos solares son la clave para comprender los cambios cíclicos en la naturaleza y la sociedad. El signo y el valor del desequilibrio energético en el sistema Tierra-atmósfera en un lapso de tiempo (exceso de la (TSI) entrante acumulada por el océano, o

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

su carencia) determinan un cambio correspondiente del estado de energía del sistema y, por consiguiente, una variación climática futura y su amplitud. Es por ello que el clima de la Tierra cambia cada 200 ± 70 años; y es el resultado de la variación bicentenaria cíclica de la (TSI).

(ARVAL, 2016)

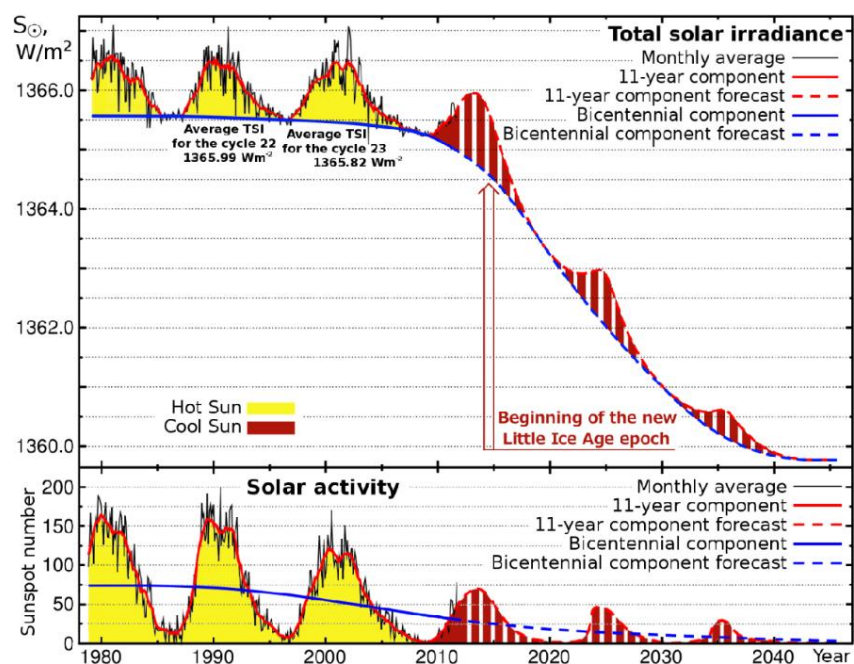


Imagen 4 : Variaciones de la (TSI) y la actividad solar en 1978-2013 y pronósticos de estas variaciones a los ciclos 24-27 hasta 2045. La flecha indica el comienzo de la nueva época de la Pequeña Edad de Hielo después del máximo del ciclo 24 (ARVAL, 2016)

En Massachusetts Institute of Technology (MIT) (EE. UU) un equipo de jóvenes físicos ha desarrollado un detector de partículas cuyo propósito es demostrar la existencia de un límite de velocidad en el movimiento de las partículas al medir la velocidad de los muones de rayos cósmicos y demostrar la dilatación relativista del tiempo al comparar la vida media de los muones en reposo y en alta velocidad.

El detector del MIT se sitúa en un laboratorio científico denominado de escritorio; su construcción inicial se realizó a modo de módulos ópticos de etiquetado de muones, la actualización propuesta es de bajo consumo de energía y bajo costo, su objetivo es de etiquetar la

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

posición de los muones con alta precisión (dentro de unos pocos cm). El estudio de la medición de muones permite detectar el impacto en energía, dirección e incertidumbre de posición. (MIT, 2017)

En la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) un equipo de estudiantes y docentes del Grupo de Altas Energías (GAE) está fabricando detectores portátiles y económicos de muones. El estudio de estas partículas elementales abre el camino para aplicaciones en dosimetría y tomografía.

Al utilizar el detector de partículas como dosímetro, es útil para medir radiación ionizante de fuentes radiactivas. También se puede usar para medir densidades. Otra aplicación es realizar tomografía no invasiva con muones de estructuras geológicas y arqueológicas, así se aprovecha que estas partículas pueden atravesar una gran cantidad de materia. Por ejemplo, en un experimento publicado por la revista Nature, un equipo internacional de científicos de la Universidad de Nagoya y el laboratorio KEK, en Japón, y la Comisión de Energías Alternativas y Energía Atómica de Francia, son parte de un proyecto conocido como ScanPyramids, realizó una radiografía al interior de la gran pirámide de Keops de Egipto. “Así se puede observar si hay cavidades dentro, debido a la diferencia de densidades”. (PUCP, 2018)

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El experimento CLOUD (Cosmics Leaving Outdoor Droplets), realizado en el CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) en Ginebra, consiste en una cámara de acero inoxidable de 3 m de diámetro que contiene aire ultra puro humidificado y trazas de gases seleccionados, se coloca en la trayectoria del acelerador, un haz de piones que simula los rayos cósmicos ionizantes.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Los investigadores participan en la colaboración de la CLOUD, han dado a conocer los primeros resultados de su experimento, ha sido diseñado para imitar las condiciones de la atmósfera de la Tierra. Su funcionamiento radica en la disipación de haces de partículas de sincrotrón por medio del acelerador de protones cuya cámara se encuentra llena de gas, han descubierto que los rayos cósmicos podrían tener un papel determinante en el clima, en particular, en la producción de aerosoles que potencialmente define la siembra de nubes.

También ha habido un gran debate sobre el posible papel de los rayos cósmicos en la formación de estos aerosoles. Henrik Svensmark, del Instituto Nacional del Espacio en Copenhague y sus colegas, postulan la hipótesis de que los iones cargados se forman como rayos cósmicos que a su vez atraviesan la atmósfera y actúan como una especie de pegamento, esto hace que sea más fácil para las moléculas unirse y formar aerosoles.

Esta hipótesis ha sido objeto de controversia, ya que sugiere un papel para la variación de la radiación solar, así como las emisiones humanas de gases de efecto invernadero, el cambio climático. Para la colaboración de la investigación en el proyecto CLOUD, un grupo internacional liderado por Jasper Kirkby donde hace parte del proyecto CERN. El experimento, que ha estado funcionando desde finales de 2009, indica que cuando se simula la atmósfera en solo un kilómetro sobre la superficie de la Tierra, el ácido sulfúrico, agua y amoníaco, crecen en sus componentes para iniciar la producción de aerosoles.

Sin embargo, las observaciones aseguran que dichos componentes no son suficientes para generar los aerosoles. Estos valores están por debajo de un factor de hasta mil, incluso cuando los iones están presentes. Por ello, llegaron a la conclusión de que otras moléculas también deben desempeñar un papel en forma de compuestos orgánicos.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Como explica Kirkby, si la sustancia que falta es causada por el hombre, entonces la contaminación humana podría estar teniendo un efecto de enfriamiento más grande del que se cree en la actualidad (las emisiones de dióxido sulfúrico son ya conocidas, a través de las cuales generan el ácido sulfúrico, que es vital para la producción de aerosoles). De lo contrario, dice Kirkby, si la sustancia faltante proviene de una fuente natural, el hallazgo podría implicar la existencia de un nuevo mecanismo de retroalimentación climática (posiblemente, las temperaturas más altas ante el aumento de las emisiones orgánicas de los árboles).

Sin embargo, cuando se simula la atmósfera superior, los investigadores encontraron un efecto de rayos cósmicos más fuerte. Ellos descubrieron que a altitudes de 5 km o más, donde las temperaturas están por debajo de -25°C , el ácido sulfúrico y el agua pueden formar fácilmente aerosoles estables, de unos pocos nanómetros de diámetro y que los rayos cósmicos puede aumentar la tasa de producción de aerosol en un factor de 10 o más. (Hoz, 2014)

Sigue habiendo preguntas fundamentales sobre el origen de las partículas de aerosol atmosférico recién formadas porque los datos de las mediciones de laboratorio han sido insuficientes para construir modelos globales. En contraste, los modelos de química de fase gaseosa se han basado en mediciones de cinética de laboratorio durante décadas. La construcción de un modelo global de formación de aerosoles mediante el uso de amplias mediciones de laboratorio de tasas de nucleación que involucran ácido sulfúrico, amoníaco, iones y compuestos orgánicos realizados en la cámara CERN CLOUD. Las simulaciones y una comparación con la atmosférica.

En la investigación desarrollada en CERN CLOUD demuestra que casi toda la nucleación en la atmósfera actual implica amoníaco o compuestos orgánicos biogénicos, además del ácido sulfúrico. Una fracción considerable de la nucleación involucra iones, pero la

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

dependencia relativamente débil de las concentraciones de iones indica que para los procesos estudiados, las variaciones en la intensidad de los rayos cósmicos no afectan apreciablemente el clima a través de la nucleación en la atmósfera actual. (al, 2016)

Desde otra perspectiva en Canadian Center of Science and Education (CCSE) se intenta estimar un aspecto inverso de la influencia simultánea del aumento en el área de la capa nubosa en el estrechamiento de la transmisión de las ventanas de transparencia atmosférica debido a la radiación cósmica, que prácticamente compensa este enfriamiento mediante la acumulación de energía. Un aumento en la reflexión de la radiación térmica de la superficie de la Tierra y de la radiación solar reflejada en ella, así como la significativa amplificación del efecto invernadero, presenta una importante fuente adicional de calentamiento global debido al aumento en el área de la nube. (Abdussamatov, 2018)

Conocidas las investigaciones realizadas en el CERN CLOUD, igualmente existen aceleradores en diferentes partes del mundo que contribuyen a la información relacionada con la interacción iónica en común a la climatología, como son el acelerador lineal de Stanford (EE.UU), el acelerador relativista de iones pesados en Brookhaven (EE.UU), el Tevatrón en Illinois (EE.UU), la fuente de luz Sincrotrón o el colisionador lineal internacional y Sirius en San Pablo (Brasil), los dos últimos en construcción; los cuales incentivan la investigación asociada a la física de partículas y demás.

Desde el campo de las ciencias de la salud la International Commission on Radiological Protection (ICRP) considera que la radiación cósmica en aviación debe ser evaluada y registrada teniendo en cuenta la presencia de todo tipo de partículas. El Concorde voló en 1969 y entró en servicio con Air France y British Airways en 1976, retirándose en 2003. Estos tenían un equipo

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

de vigilancia radiológica permanente debido a las altitudes en que volaban (60000 pies) = (18.3 km). Fue el único avión equipado con estos equipos.

B 747-400, A330, A340, A380, B787 realizan vuelos largos, transpolares y transiberianos ocasionalmente por lo cual se encuentran expuestos en mayor medida a (RCS). Teniendo en cuenta que cruzan por regiones con distintas profundidades atmosféricas por periodos prolongados de tiempo.

La (RCS) puede ser medida activa o pasivamente. Un medidor activo de lectura directa (activo) mide los valores inmediatamente o después de un pequeño retraso mientras que uno pasivo necesita ser evaluado en un laboratorio después del vuelo.

La dosis efectiva no puede ser medida directamente, pero la dosis ambiente equivalente puede ser un buen estimador de la dosis efectiva recibida de radiación cósmica secundaria.

Sería recomendable el uso de dosímetros por los miembros de la tripulación, sin embargo, estos dosímetros pasivos son poco sensibles. Los datos pueden ser alterados por radiaciones recibidas fuera del vuelo.

La evaluación real de la exposición en el lugar de trabajo de la tripulación aérea presenta desafíos únicos para la industria aeronáutica. Enfoques dosimétricos convencionales de dosimetría pasiva personal o vigilancia área con instrumentación fija serían muy costosos y difíciles de manejar. (Suarez, 2017, págs. 21-22)

En análisis oncológicos sobre la incidencia de (RCS) de vuelos se encontró una incidencia de melanoma superior en pilotos de aerolínea que, en la población general, así mismo en una meta análisis que pilotos y tripulantes de cabina tienen aproximadamente el doble de la incidencia de melanoma en comparación con la población general.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

En discrepancia se encontró que la exposición ocupacional a radiación ionizante a diferentes niveles en diagnósticos posteriores a 2009 no incremento el riesgo de cáncer de mama en mujeres postmenopáusicas, pero al parecer la exposición ocupacional a radiación ionizante incrementa el riesgo (factor de crecimiento epidermal humano) y (receptor estrogénico) positivos para cáncer de mama, con una asociación estadísticamente significativa en mujeres premenopáusicas. No se encontró respuesta asociada a dosis, probablemente porque pocos casos estuvieron expuestos a dosis altas. El riesgo podría ser más evidente después de una exposición durante 10 años o más. (Suarez, 2017, pág. 26)

En discusión a los valores actualmente medidos, registrados y normalizados de la incidencia de (RCS) para la tripulación de vuelos internacionales, es indispensable tener en cuenta el comportamiento del ciclo solar y como tal los pronósticos que indican la tendencia de aumento de la (RCS) en la atmosfera terrestre, corolario mayor incidencia en alturas de la tropopausa (10 a 15 km), para así tomar las medidas preventivas y en caso extremo correctivas frente a la normalización y adecuación de los protocolos y sistemas empleados en vuelos internacionales.

Desde la (genética) Francis Cucinotta, quien es el investigador principal del Programa de Radiación Espacial de la NASA y el equipo de investigadores liderado por Sylvain Costes, del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, están desarrollando prácticas en laboratorio con material celular cultivado en exposición acelerada de núcleos de hierro de comportamiento similar a la (RCS), la incidencia de (RCS) detectada, ataca directamente al material genético es decir las moléculas de las células, el Ácido desoxirribonucleico ADN, el cual al ser atravesado por la RCS, se rompe y genera radicales libres.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Complementario a los medios de medición por parte de los organismos Colombianos respecto a la (RCS), cabe considerar la construcción del atlas de radiación 2005-2015-2018 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales que en todos los casos se determinó el valor de cada punto sobre el territorio nacional interpolando los valores de las 340 sensores de radiación global, de los cuales 240 (149 del IDEAM y 91 de otras entidades) fueron escogidos para ser incluidos en los mapas de radiación. Se evaluó y validó información de 607 heliógrafos del IDEAM en el tema del brillo solar (IDEAM, IDEAM, 2018), utilizando una función de peso con inverso de la distancia del punto a cada estación, según el caso, de radiación global, brillo solar, ozono estratosférico, radiación ultravioleta o índice UV.

Como también permite conocer información básica del Sol, la descripción de su movimiento o de la caracterización de la energía solar y su interacción con la Tierra, o sobre la metodología utilizada en la elaboración de estos mapas, esta publicación cuenta con un conjunto de apéndices con información al respecto, que ha tomado como base los textos del Atlas del INEA HIMAT del año 1993.

Incluye los principales aspectos para comprender las relaciones astronómicas Sol-Tierra, ilustrando temas sobre la órbita terrestre, el recorrido del Sol en la esfera celeste, sistemas de coordenadas que pueden describir el movimiento del Sol y la duración astronómica del día, o la manera de determinar el ángulo de incidencia de la radiación solar sobre superficies inclinadas. (IDEAM, IDEAM, 2015)

Los esfuerzos realizados en materia de medición, procesamiento y pronóstico por parte del IDEAM en correlación a la radiación terrestre son de suma importancia para la resolución de las actividades económicas en Colombia, y como tal permiten robustecer las bases de datos de la información global; no obstante la medición de la (RC) aún no ha sido monitoreada puesto que a

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

la fecha se considera que (RC) no tiene un factor relevante en la afectación de los procesos antrópicos ni ecosistémicos y en efecto la particularidad de la longitud de onda requiere de fotoespectrómetros específicos, sin embargo las investigaciones recientes sobre el clima terrestre en relación a la (RC) facultan esclarecer el alcance como la interacción termodinámica con los factores bióticos y abióticos.

En Massachusetts Institute of Technology (MIT) (EE. UU) el equipo de jóvenes físicos que han desarrollado un detector de partículas, como también en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) el equipo de estudiantes y docentes del Grupo de Altas Energías (GAE) consideran que una de las partes más importantes de estos proyectos es la enseñanza y entrenamiento que brinda a los alumnos de Ciencias.

Al involucrarse en la parte experimental de física de partículas, se adquieren conocimientos físicos en la práctica, armado y caracterización de detectores, electrónica, simulación y análisis de datos. Así mismo se encuentran en la disponibilidad de informar a las instituciones académicas interesadas en replicar sus herramientas de laboratorio para extender el campo de la medición de la RC y en consecuencia generar procesos investigativos.

En el estudio de la climatología espacial se abordan conocimientos relativos a la física clásica (Acústica, electromagnetismo, la mecánica, la óptica y la termodinámica), física moderna (fenómenos nucleares, física del estado sólido, teorías cuánticas y de la relatividad), como también aspectos sobre herramientas remotas de medición, ciencias ambientales como la meteorología, química, biología, ecología donde interviene estudios sobre el (agua, suelo y aire), y generalidades normativas asociadas, que influyen determinantemente en el estudio de los impactos ambientales que repercuten directamente a las actividades económicas.

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

Los resultados y discusiones permiten demostrar la importancia de inclusión de la formación sobre la climatología espacial en el espacio académico para Proyecto Educativo de los Programas (PEP) de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG) en consideración al programa grupos y líneas de investigación existentes en el Departamento de Ciencias Básicas que soportan el programa de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecatrónica y Medicina (UMNG, 2019), como para el (PEP) de postgrado Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales (UMNG, 2019).

CONCLUSIONES

1. Las investigaciones globales actuales sobre la radiación cósmica incentivan el carácter investigativo, teniendo en cuenta el régimen climático de Colombia se invita aportar al proceso, las entidades en asociación público-privadas (APP) favorecen los escenarios y las condiciones de contribución económica como de infraestructura.
2. Se sugiere la intervención del sector aeronáutico en la actualización de protocolos como de sistemas que permitan el monitoreo y el control de las emisiones de la radiación cósmica en las aeronaves, especialmente para vuelos internacionales, en igual medida formación y comunicación a la tripulación y pasajeros.
3. Teniendo en cuenta las recientes investigaciones desde el campo de la genética y la incidencia de la (RCS) sobre la estructura del (ADN); se sugiere el estudio microbiológico de especies que sean altamente sensibles a la radiación, para determinar su afectación al ser sometidas a campos de alta energía como lo es la (RCS); con una doble utilidad, la primera lograr determinar variaciones en el ecosistema y la segunda no por ello menos importante, al ser organismos altamente sensibles alcanzar a divisar

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

pequeños cambios en su fisionomía y genética para precisar variaciones de la magnitud de (RCS) sobre la troposfera terrestre.

4. Se propone a las entidades de monitoreo, procesamiento y pronóstico gestionar la adquisición de equipos y planes de formación, para efectuar estudios relativos a la magnitud de la radiación cósmica, para la construcción de objetivos de adaptación climática ante los escenarios pronosticados ante la variación del ciclo solar mencionados.
5. Teniendo en cuenta la transversalidad de la temática ambiental en los programas académicos ofertados por la Universidad Militar Nueva Granada, se propone la inclusión de la materia climatología espacial en el entorno experimental de la física de partículas, para incentivar la creación de proyectos de investigación con alcance interinstitucionales a nivel nacional e internacional, que a su vez armonizan a los requerimientos actuales de ciencia y tecnología mundial.

AGRADECIMIENTOS

Dedico a mi madre el presente artículo, por su amorosa comprensión y apoyo.

BIBLIOGRAFIA

- Abdussamatov, H. I. (26 de 6 de 2018). *Canadian Center of Science and Education*. Obtenido de Canadian Center of Science and Education: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/apr/article/view/76685>
- al, E. M. (2 de 2 de 2016). *Science*. Obtenido de Science: <https://science.sciencemag.org/content/354/6316/1119/tab-pdf>
- ARVAL, O. (11 de 2 de 2016). *Observatorio ARVAL*. Obtenido de Observatorio ARVAL: <http://www.oarval.org/CambioClimaBW.htm>
- Bergman, D. R. (20 de 4 de 2019). *Access Science*. Obtenido de Access Science: (<https://www-accessscience-com.ezproxy.umng.edu.co/>)
- Deligny, O. (3 de 1 de 2019). *ScienceDirect*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927650518300331?via%3Dihub#bib001>
- Hoz, I. A. (2014). Alternative application for the radiation background in the. *arXiv*, 1.
- ICRP. (1 de 6 de 2016). ICRP Publication 132 Radiological Protection from Cosmic Radiation in Aviation. Ottawa , Canadá.
- IDEAM. (4 de 12 de 2015). *IDEAM*. Obtenido de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21129/.../2a207e33-fe43-4aa3-930d-70ba60b10d57>
- IDEAM. (4 de 12 de 2018). *IDEAM*. Obtenido de IDEAM: http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72007220/PDF_ATLAS/83b33ddd-09ef-4fa6-9419-cdf8b26db260
- Joaquin Campos, A. P. (2015). Radiometría y fotometría: Magnitudes y leyes básicas. *e-medida, revista Española de Metrología*, 1.
- MacMahon, R. M. (23 de 05 de 2019). *Universidad de Magallanes Chile*. Obtenido de Universidad de Magallanes Chile: <https://sites.google.com/site/fisicaespacialumag/home>
- MIT . (17 de 10 de 2014). *MIT (Massachusetts Institute of Technology)*. Obtenido de MIT (Massachusetts Institute of Technology): <https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-13-14-experimental-physics-i-ii-junior-lab-fall-2016-spring-2017/experiments/the-speed-and-mean-life-of-cosmic-ray-muons/>
- MIT. (4 de 6 de 2017). *Massachusetts Institute of Technology*. Obtenido de Massachusetts Institute of Technology: <http://www.mit.edu/>
- NOAA. (5 de 5 de 2019). *NOAA/Space Weather Prediction Center*. Obtenido de NOAA/Space Weather Prediction Center: <https://www.swpc.noaa.gov/communities/space-weather-enthusiasts>

RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS

- OMM. (2011). https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_es.pdf. Ginebra-Suiza: OMM. Obtenido de https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_es.pdf.
- PUCP. (24 de 11 de 2018). *Universidad Católica del Perú*. Obtenido de Universidad Católica del Perú: <https://puntoedu.pucp.edu.pe/noticias/aprehender-el-espacio/>
- Raymond Serway, J. J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. California/USA: Brooks/Cole/Cengage Learning.
- Shaviv, N. (1 de 05 de 2019). *ScienceBits*. Obtenido de ScienceBits: <http://www.sciencebits.com/cosmicraysclimate>
- Suarez, J. C. (24 de 1 de 2017). Dosis estimada de radiación cósmica ionizante en rutas aéreas de operadores colombianos. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- SWPC. (1 de 04 de 2019). *Space Weather Prediction Center*. Obtenido de Space Weather Prediction Center: <https://www.spaceweatherlive.com/es/actividad-solar/ciclo-solar>
- UMNG. (14 de 03 de 2019). *UMNG*. Obtenido de UMNG: http://www.umng.edu.co/documents/10162/42083/PEP_AMBIENTAL.pdf
- UMNG. (12 de 03 de 2019). *Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: <http://www.umng.edu.co/documents/10162/14639721/PEP-IA.pdf>
- V. Kumar et al. (2018). Detection of solar cycle signal in the tropospheric temperature using COSMIC data. *EBSCOhost*, 2232.
- WDC-SILSO Royal Observatory of Belgium, B. (3 de 5 de 2019). *Space Weather Live*. Obtenido de Space Weather Live: <https://www.spaceweatherlive.com/es/actividad-solar/ciclo-solar>

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 : Espectro electromagnético (Joaquin Campos, 2015)	7
Imagen 2 : Progresión del ciclo solar (SWPC, 2019)	10
Imagen 3 : Histórico actividad solar (NOAA, 2019)	10
Imagen 4 : Variaciones de la (TSI) y la actividad solar en 1978-2013 y pronósticos de estas variaciones a los ciclos 24-27 hasta 2045. La flecha indica el comienzo de la nueva época de la Pequeña Edad de Hielo después del máximo del ciclo 24 (ARVAL, 2016)	14