

Monitoreo de la radiación solar e índices UV, en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra

Mensuring of solar radiation and UV índices, in the city of Santa Cruz de la Sierra.

ROBERTO C. VERA

Licenciado en Física

Magíster en Física Nuclear

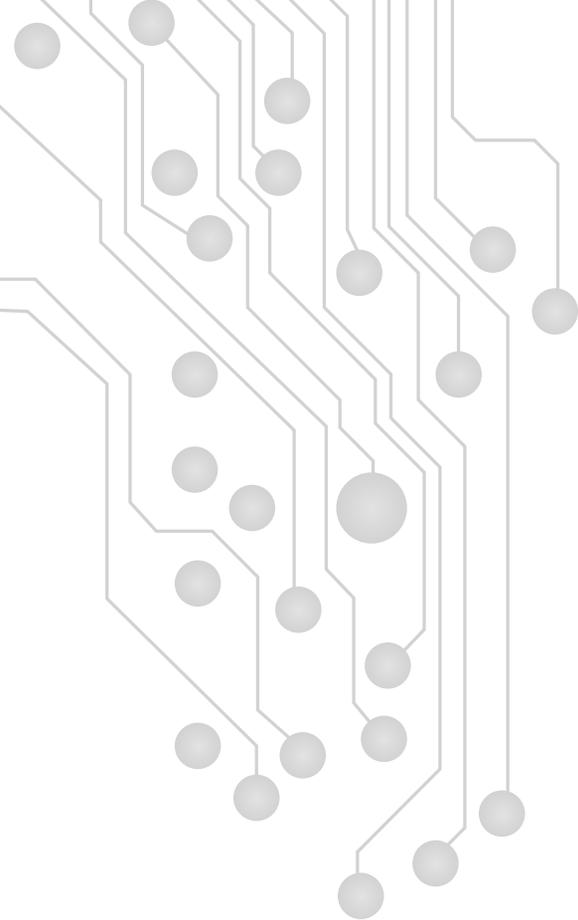
Universidad UTEPSA- Bolivia

encargado.lab.cienciasbasicas@utepa.edu

robertormac@gmail.com

Recibido: 13/06/2018

Aceptado: 20/05/2019



RESUMEN

En los últimos años el clima ha tenido una gran variabilidad, esto debido a diferentes situaciones del contexto que ocurren en el planeta, especialmente debido a la influencia de la contaminación que se incrementa día a día. La radiación solar, así como los índices de radiación ultravioleta (UV), son un tema de estudio permanente a nivel global, los mismos que pueden alterar en ciertas condiciones atmosféricas y tener un impacto sobre el medio ambiente. En tal sentido, existen diferentes centros de investigación gubernamentales como no gubernamentales, que permanentemente realizan el monitoreo de los patrones meteorológicos concentrándose en los análisis estadísticos para realizar las predicciones temporales. La Universidad Tecnológica Privada de Santa Cruz (UTEPSA), también se involucra en el monitoreo de las variables meteorológicas, para lo cual cuenta con una estación de registro y una plataforma virtual donde se puedan observar datos promediados en tiempo real. La estación meteorológica está regida por las normativas de la Organización Mundial de Meteorología (OMM), con certificados de calibración que garantizan el buen funcionamiento del equipo. Dentro del análisis documental, se muestra la valoración de los datos meteorológicos desde la gestión del segundo semestre del 2015 hasta el 2017, resaltando las variables más importantes como: la radiación solar e índice de UV, los mismos que son analizados estadísticamente para observar el comportamiento oscilante del clima y de esta manera dar un criterio de la influencia sobre el cambio de clima que sufre la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Cabe recalcar que estos hallazgos, pueden ser muy útiles tanto para la previsión de sus efectos en la salud, como para el desarrollo de proyectos de generación de energía solar o fotovoltaica.

Palabras Clave: Radiación solar, índices de radiación ultravioleta (UV), índice de calor en Santa Cruz de la Sierra.

ABSTRACT

In recent years, climate has had a great variability, due to different situations of the context that occur on the planet, especially because of pollution that increases every day. Solar radiation, as well as ultraviolet radiation index (UV), are a permanent subject of global research, which can alter in certain

Citar este artículo así:

Vera R., (2019). Monitoreo de la radiación solar e índices UV, en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Revista I3+, 4(1), 39 - 58 p.

atmospheric conditions and can have an impact on the environment. In this regard, there are different governmental and non-governmental research centers, which permanently monitor meteorological patterns, concentrating on statistical analyzes to make temporal predictions. The Private Technological University of Santa Cruz (UTEPSA) is also involved in the monitoring of meteorological variables, for which, it has a meteorological station and a virtual platform where averaged data can be observed in real time. The meteorological station is governed by the regulations of the World Meteorological Organization (WMO), with calibration certificates that guarantee the proper functioning of the equipment. Within the document analysis, an assessment of meteorological data is shown from the second half of 2015 to the last half of 2017. The study highlights the most important variables such as solar radiation and UV index, which are analyzed statistically to observe the oscillating behavior of climate and in this way, give a criterion of the influence on the change of climate that suffers the city of Santa Cruz de la Sierra. It should be noted that these findings could be very useful for preventing its effects on people's health and also for the development of solar or photovoltaic energy generation projects.

Keywords: Solar radiation, Ultraviolet radiation index (UV), Heat index in Santa Cruz de la Sierra.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el análisis para comprender el comportamiento del clima ha tenido una serie de variables físicas oscilantes, las cuales desde hace mucho tiempo atrás son estudiadas. La Meteorología es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera con las propiedades y los fenómenos que se desarrollan en una determinada región. El estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes, o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión, humedad, sensación térmica, radiación solar, entre otras, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo.

En este entendido, cuando describimos las condiciones atmosféricas en un momento y lugar concreto, se refiere al tiempo atmosférico, el mismo es una principal condicionante para las diferentes actividades que se desarrollan en el planeta, especialmente de aquellas que se realizan al aire libre, como, por ejemplo: la agricultura. Por otra parte, la atmósfera se define como la envoltura de gases que rodea la Tierra, donde su formación surgió por la desgasificación que sufrió el planeta durante su proceso geológico de enfriamiento.

Gracias a esta envoltura la vida, del planeta se desarrolla de forma armónica y cada día se sigue un ciclo de vida. Si hacemos un poco de historia en cuanto a la formación de la atmósfera, se conoce que, en las primeras etapas de su formación en el proceso de bajar la temperatura, muchas sustancias que eran gaseosas pasaron a diferentes estados, como líquido o sólido, dando una formación en la estructura del planeta. Los cambios actuales provocados por la humanidad, han incrementado los niveles de gases de efecto invernadero, como ser: CO (Monóxido de Carbono) y CO₂ (dióxido de carbono), principalmente mediante la quema de combustibles fósiles y la deforestación.

Como consecuencia de la compresibilidad de los gases y de la atracción gravitatoria terrestre, la mayor parte de la masa de la atmósfera se encuentra comprimida cerca de la superficie del planeta. Según García (2004) en los primeros 15 km se encuentra el 95% del total de su masa. Sin embargo, las proporciones de los diferentes gases, lo que coloquialmente se conoce como aire, se mantienen casi inalterables hasta un límite superior de 100 Km. de altitud (homosfera), el resto tienen una composición más variable (heterosfera).

El límite superior de la atmósfera se estima alrededor de los 10000 km de altura donde la concentración de gases es tan baja que se asemeja a la del espacio exterior, algunas bibliografías ponen el límite en 30000 km y otros 400000 km . Además de los gases, en la composición de la atmósfera también aparecen líquidos como, por ejemplo, agua líquida en las nubes y sólidos como: polen, esporas, polvo, microorganismos, sales, cenizas y agua sólida en las nubes formando minúsculos cristales de hielo (García, 2004).

De acuerdo a estudios realizados, la estructura de la atmósfera o capa atmosférica, está dividida según las variaciones en la temperatura en una serie de capas superpuestas que son clasificadas como:

Troposfera

Su espesor de altura media es de 12 km, esta contiene la mayoría de los gases de la atmósfera, donde a los 500 metros iniciales se les denomina capa sucia, en ellos se concentra el polvo en suspensión procedente de los desiertos, volcanes y la contaminación. Este polvo actúa como núcleos de condensación que facilitan el paso del vapor de agua atmosférico a agua líquida, la troposfera contiene prácticamente todo el vapor de agua atmosférica, que dan lugar a los fenómenos meteorológicos de las precipitaciones, vientos, nubes y otros fenómenos climáticos. El aire de la troposfera se calienta a partir del calor emitido por la superficie terrestre. La temperatura de la troposfera es variable con promedios 15°C hasta llegar a -70 °C en el límite superior de la troposfera es denominado tropopausa.

Estratosfera

Se extiende desde la tropopausa hasta los 50 km de altura, donde el límite de la estratosfera es denominado estratopausa. En esta capa se genera la mayor parte del ozono atmosférico que se concentra entre los 15 km y 30 km de altura llamándose a esta zona capa de ozono u ozonosfera. La temperatura asciende con la altura hasta llegar próximo a los 0 °C. Este incremento de temperatura está relacionado con la absorción por el ozono de la radiación solar ultravioleta, esta capa actúa como pantalla protectora frente a los perjudiciales rayos ultravioleta. Dentro de esta capa hay movimientos horizontales de aire, pero no verticales como sucede en la troposfera.

Mesosfera

Se extiende hasta los 80 Km de altura, la temperatura disminuye hasta alcanzar los -140 °C en su límite superior llamado mesopausa.

Termosfera o ionosfera

Se denomina así porque gran parte de las moléculas presentes están ionizadas por la absorción de las radiaciones solares de alta energía (rayos gamma, rayos X y parte de la radiación ultravioleta), provocando que el nitrógeno y el oxígeno pierdan electrones quedando ionizados con carga positiva, los electrones desprendidos originan campos eléctricos por toda la capa. La interacción de las partículas subatómicas procedentes del Sol con los átomos ionizados que dan lugar a fenómenos luminosos llamados auroras polares (aurora boreal en polo norte y aurora austral en polo sur) que suceden cerca de los polos magnéticos.

Exosfera

Desde los 600 km a 800 km de altura hasta unos 10000 km tiene una baja densidad de gases hasta llegar a ser similar a la del espacio exterior (casi vacío) con lo que el cielo se oscurece (no hay prácticamente materia que absorba la luz). La poca densidad hace imposible medir la temperatura y esta no se puede propagar, con lo que carece de sentido hablar de temperatura en esta capa, (Espejo, 2016).

Para un análisis visual en la figura 1, se muestra el diagrama de la variación de la temperatura con la altura, la misma que va disminuyendo conforme al aumento de las capas atmosféricas, por término medio esta gradiente es de 6°K por cada km (°K/km). Una de las características más importantes de la atmósfera, es que a grandes rasgos se encuentra en equilibrio hidrostático, tanto así que la presión atmosférica viene determinada esencialmente por la cantidad de aire que se tiene por encima de la superficie, de tal manera que cuando se tiene bajas presiones se tiene baja cantidad de aire y viceversa.

A partir de las concentraciones de masa de aire en la atmósfera, y de acuerdo a las propiedades físicas de interacción molecular, estas van creando en la superficie unas presiones variables dentro de nuestro entorno atmosférico. Por lo tanto, la distribución de presiones sobre la superficie, están denotadas como líneas isobaras (líneas de igual presión), las cuales permiten observar el comportamiento de la variación climática de acuerdo a los frentes existentes en una determinada región y un tiempo establecido.

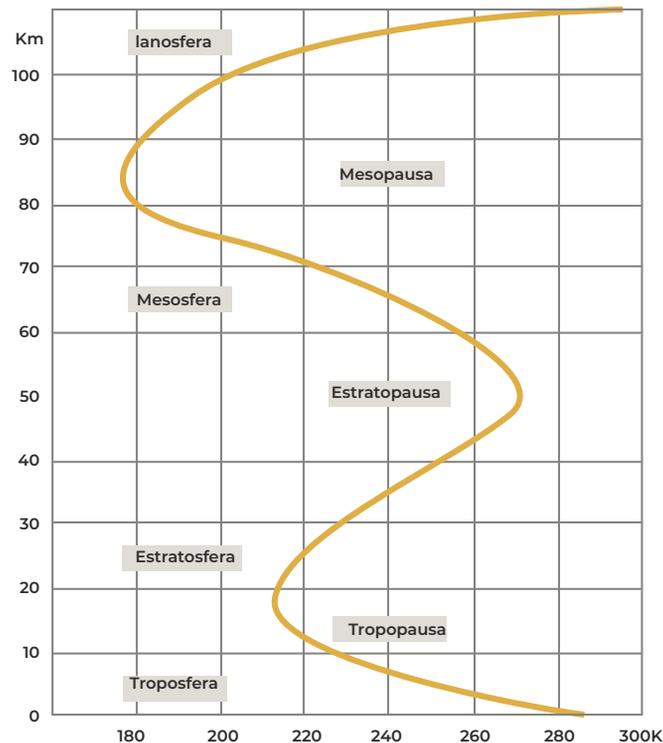


Figura 1. Estructura térmica de la Atmósfera. Fuente: (Podesta, 2015)

De acuerdo a fundamentos de climatología, los centros de presión pueden tener un origen dinámico, térmico o mixto: El origen dinámico está unido a fenómenos convergentes y divergentes de las masas de aire. Cuando se produce una convergencia de masas de aire a nivel de la superficie estas se elevan y se disminuyen un centro de presión sobre esa superficie y viceversa para la divergencia.

El origen de temperatura también puede ser origen de centros de presión: en Siberia durante el invierno la insolación es baja y el suelo se encuentra helado. Se produce un enfriamiento a nivel del

suelo y se concentrará generando un centro de altas presiones, este es el caso del anticiclón Siberiano. Cuando se conjugan los fenómenos térmicos y dinámicos se denomina mixto. Este es el caso del anticiclón de las Azores. En esta zona se produce un fenómeno de convergencia en altura originando circulación general atmosférica al que une el efecto producido la existencia de corrientes frías oceánicas (Andrades & Núñez, 2012).

Las leyes del movimiento de planeta, se basan en diferentes parámetros físicos dinámicos los cuales accionan las fluctuaciones de cambios de masas de aire. Las concentraciones de masas de aire tienen diferentes mecanismos de interacción, tanto con la superficie como en toda la atmósfera, uno de los principales para este estudio se concentra en la interacción de la radiación y los índices de radiación ultravioleta (UV) de manera global, los mismos que hoy en día son un factor importante para el desarrollo del ciclo evolutivo del planeta.

La radiación solar, es la energía emitida por el sol (rayos solares) en forma de ondas electromagnéticas que se desplazan en el espacio de forma isotrópica (en todas direcciones). De acuerdo a diversos estudios científicos realizados: El Sol es el objeto central de nuestro sistema y está presente desde hace 6,5 mil millones de años con una enorme nube interestelar de gas frío. Contiene prácticamente el 99,8% de toda la masa del sistema solar y es más de 333000 veces masivo que la Tierra. Su radio de 700000 km, es 109 veces más grande que el radio de la Tierra.

El Sol está compuesto principalmente de dos elementos: hidrógeno y helio. Sus abundancias han cambiado a lo largo de su vida, por lo que hoy el hidrógeno y el helio representan el 74,9% y el 23,8%, respectivamente de su masa total. También existen otros gases como el oxígeno que contribuye con el 1%, el carbono con el 0,3% y el neón y el hierro con el 0,2 %. La distancia que nos separa del Sol es de 150 millones de kilómetros, lo cual es 390 veces más que la distancia a la Luna, (Sánchez, 2010).

La temperatura en el Sol es tan alta, que el material se encuentra en estado de plasma, esto es separado en iones y electrones; a este estado se le conoce como el cuarto estado de la materia, debido a la carga eléctrica de las partículas. El Sol está dividido en capas, de las cuales tres forman el interior solar: núcleo, zona radiactiva y zona convectiva. Estas propiedades originan en el sol una característica particular de emisión de radiación, la cual interacciona con cada planeta de nuestro sistema solar; en algunos tiempos estas emisiones pueden ser muy grandes a las cuales se las denomina como viento solar.

En proporción a esta, nuestro planeta desarrolló un sistema intrínseco denominado campo magnético, creando una atmósfera de protección capaz de minimizar esta interacción peligrosa proveniente del sol.

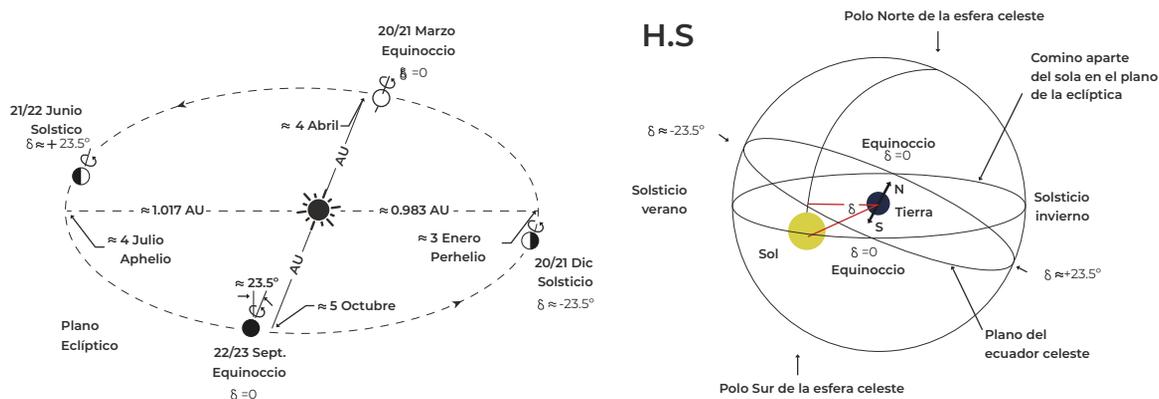


Figura 2. a) Esquema orbital de la tierra, mostrando los solsticios (Perihelio y Afelio) y equinoccios. b) Esfera celeste mostrando el movimiento aparente del Sol para el Hemisferio Sur (H.S.) Fuente: (Abal, 2010)

Se debe tomar en cuenta que la radiación solar, al atravesar la atmósfera, sufre una modificación en su espectro de luz visible (desde el infrarrojo hasta el ultravioleta), como consecuencia del efecto de filtro que ejerce la masa atmosférica. La mayor parte de la radiación ultravioleta, es absorbida por el ozono en la alta atmósfera, mientras que la región visible de onda corta es difundida por las moléculas del aire, dándole al cielo su característico color azul. El vapor de agua de las capas bajas de la atmósfera es el causante de las características bandas de absorción en la región del infrarrojo cercano, fenómeno también producido en menor grado por el CO₂. por las propiedades de la atmósfera terrestre, por lo tanto, la clasificación de la radiación solar que incide sobre la superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes, conocidas como:

Radiación Directa

Es la radiación que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan captando la mayor radiación. El modelo matemático aceptado para la estimación diaria es:

$$H_{b,\beta\gamma} = \left(\frac{\int_{t_{sr}}^{t_{ss}} \cos\theta \, dt}{\int_{-t_s}^{t_s} \cos\theta \cos\theta_z \, dt} \right) H_b$$

Donde: t_{sr} y t_{ss} , son los instantes correspondientes al otro y del ocaso del Sol vistos desde la superficie; θ es el ángulo de incidencia; θ_z , el ángulo cenital.

Radiación Difusa

Una parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por estas. Esta radiación, llamada difusa, va en todas direcciones, este efecto producido por las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios y el propio suelo. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos, donde las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben ya que ven toda la bóveda celeste (espacio), mientras que las verticales reciben menos porque solo ven una mediana parte. Para el cálculo de la radiación difusa existen tres tipos generales de modelos: el circunsolar, el isotrópico y los anisotrópicos.

$$H_{d,\beta\gamma} = \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) H_d$$

Donde: H_d , es la radiación difusa.

Un aspecto importante que se debe considerar es la cantidad de nubes, obviamente, la reflexión entre las caras de las nubes es la responsable de valores altos de radiación difusa. No obstante, dicho incremento es menos pronunciado a elevaciones solares bajas, ya que, en estos casos, una gran parte de la radiación solar entrante es difusa. Una expresión que puede ser usada para estimar la cantidad total de nubes N_T a partir de datos simultáneos de difusa y global es:

$$\frac{H_{d,\beta\gamma}(N_T)}{H_{\beta\gamma}(N_T)} = (0,3 + 0,7) \left(\frac{N_T}{8} \right)^2$$

Radiación Reflejada

Este tipo de radiación solar es la que refleja la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Se suele suponer que el suelo se comporta como una superficie horizontal e infinita que refleja de forma isotrópica la radiación que sobre él incide, de manera que se tiene Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

$$H_{r,\beta\gamma} = \rho \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) (H_b + H_d)$$

Donde: ρ , es el albedo del suelo, el cual presenta una gran variabilidad, siendo función de la naturaleza del suelo. Cuando su valor no está disponible, se recomienda $\rho = 0,2$, (Espejo, 2016).

De acuerdo a los registros bibliográficos, en las últimas décadas la cantidad de radiación solar como los índices de radiación Ultravioleta (UV), en la superficie terrestre está aumentando considerablemente debido al alarmante descenso en la cantidad de ozono. Este hecho podría suponer una serie de causas y efectos perjudiciales para los seres vivos. Por ejemplo, el número de casos de melanoma (cáncer de piel con la tasa de mortalidad más elevada) ha aumentado un 3% por año desde 1981, (Martínez, 2007). Por todo ello, existe un gran interés en cuantificar de forma precisa la radiación solar como los índices de UV, que alcanza la superficie terrestre e informar a la población sobre el riesgo que conlleva la exposición a esta radiación. En este sentido, desde distintas organizaciones científicas se promueve la formación de redes de medida de radiación solar UV de ámbito internacional, nacional y regional, para evaluar de forma precisa las fluctuaciones de esta radiación. Una de las organizaciones más reconocidas a nivel internacional es la Organización Mundial de la Salud (OMS), la misma que suscribe una serie de normativas y límites de exposición, mismos que deben ser bien controlados por los estados gubernamentales y/o institutos de investigación implicados en la temática de estudio, con el objetivo de precautelar los riegos de alta intensidad.

Acorde a los estudios realizados sobre la incidencia de la radiación UV, el beneficio de esta se concentra en la regulación y fortalecimiento de la vitamina D (bronceado de piel). Los efectos nocivos de la radiación UV sobre los seres vivos son muy diversos y se manifiestan de distinta manera; principalmente en las quemaduras solares sobre la piel, la acción sobre los ojos puede producir serias lesiones como cataratas, adelgazamiento de la córnea entre otras. Uno de los principales efectos de la radiación UV es la afeción sobre el ADN (ácido desoxirribonucleico), los cuales pueden producir efectos oncogénicos y efectos fotocarcinógenos.

Hoy en día los aportes científicos contribuyen a la prevención y cuidado de los seres vivos. De todos los estudios realizados a nivel mundial, la OMS da los niveles de índice de radiación ultravioleta tolerables con los siguientes parámetros:

Tabla: Categorías de exposición a la radiación UV

Categoría de Exposición	Intervalo de valores del IUV
Baja	<2
Moderada	3 a 5
Alta	6 a 7
Muy Alta	8 a 10
Extremadamente Alta	11+

Figura 3. Tabla de índice de radiación Ultra Violeta. Fuente: (OMS, 2016)

En Bolivia, hasta el año 2003, la mayor parte de los estudios fueron realizados en períodos cortos de tiempo, los cuales proporcionan información básica sobre los efectos extremos de la radiación UV. Según Ormachea, et al., (2011) “Bolivia en relación con Europa, recibe más del doble de radiación solar promedio por encontrarse en la franja de territorio que a nivel mundial recibe mayor radiación”.

En los últimos años se vienen implementando una serie de estudios a largo plazo, para poder observar y evaluar los procesos de aclimatación a las intensidades de radiaciones solares como a los índices UV, que ocurren en escalas temporales mayores a un día, especialmente en la zona del altiplano. Según la Revista Boliviana de Física de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), existe un centro de investigación de Física de la Atmósfera (IFA) de la UMSA, el mismo que realiza controles permanentes sobre la temática, sin descartar otros centros de investigación nacional. Por otro lado, también debemos citar el monitoreo permanente que realiza el Estado mediante la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Bolivia, una región geográficamente variable, dispone de diferentes zonas climatológicas extensas, desde el altiplano occidental hasta el llano oriental presentando una variedad ambiental, donde cada región presenta una propiedad intrínseca, la cual es aprovechada por el hombre en diferentes áreas para su desarrollo y medios de vida. Uno de los factores más importantes para la región del oriente boliviano y especialmente en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, es observar el comportamiento del clima, con el fin de aprovechar diferentes ámbitos de desarrollo industrial y social. En el ámbito nacional, AASANA, es un centro de monitoreo de meteorología, el cual brinda un apoyo general de datos del clima de manera cotidiana.

Desde el segundo semestre del 2015, la Universidad Tecnológica Privada de Santa Cruz (UTEPSA), pone en marcha su propia estación meteorológica, priorizando la medición de la radiación solar y los índices de radiación UV. Para ello, ha adquirido una estación central de meteorología, la misma que está implantada en el edificio central de su campus. El instrumento de medición, cuenta con un modelo matemático del Software WeatherLink compatible con METLAB, basados en el modelo estadístico estándar GFS (por sus siglas en inglés, Global Forecast System). La estación meteorológica Davis Vantage Pro2-PLUS, está regida bajo los estándares internacionales de calidad, que regula la Organización Meteorológica Mundial (OMM). El instrumento evalúa los parámetros físicos y meteorológicos en el área de la Universidad como en sus alrededores teniendo un alcance efectivo de 5 km de radio.



Figura 4. Universidad UTEPSA, estación meteorológica UTEPSA y red de monitoreo PROFEL-CLIMA.
Fuente: El Autor

RESULTADOS

De acuerdo al objetivo trazado que consiste en brindar una información meteorológica fidedigna, la evaluación y registro de los patrones más importantes desde octubre del 2015 a diciembre del 2017, tienen como comportamiento los siguientes diagramas.

Como se puede observar en la figura 5, estos registros son los valores promediados estadísticamente, por lo que la temperatura atmosférica es uno de los patrones físicos más importante que constituye el clima. Dentro de estas gráficas se indica la cantidad de energía oscilante que existe en el aire en los periodos de octubre 2015 a diciembre 2017.

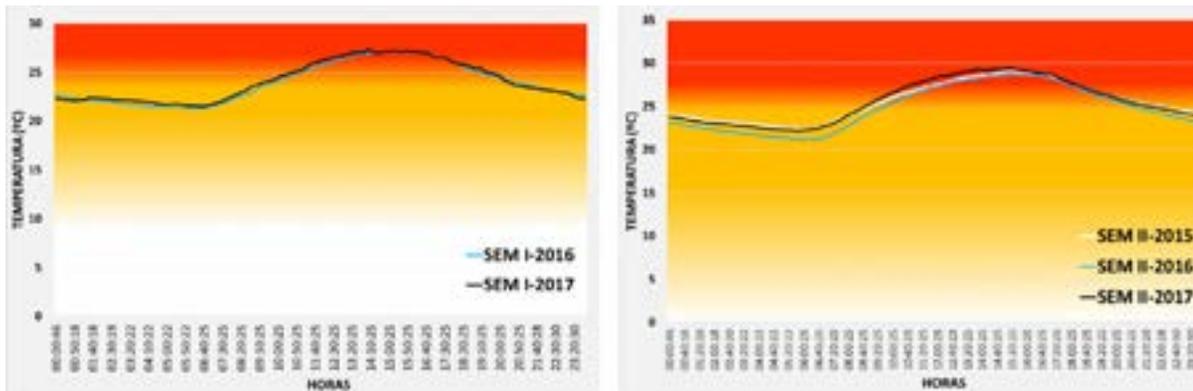
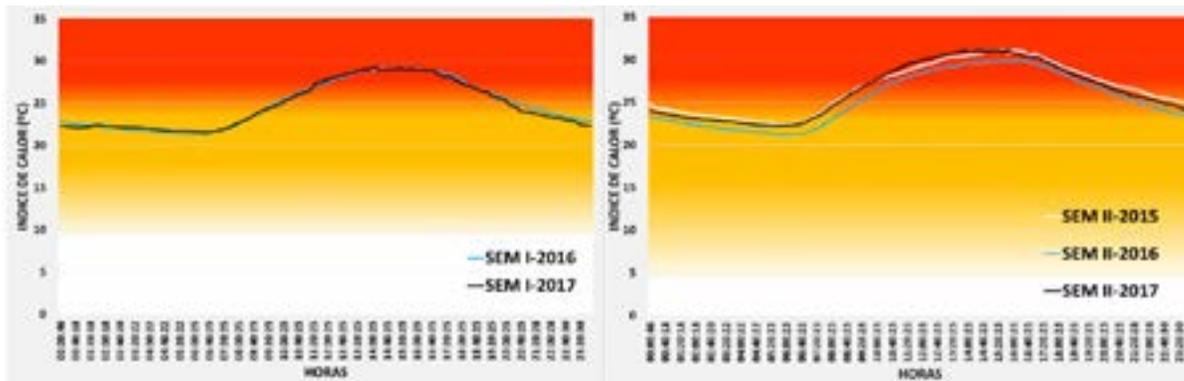


Figura 5. Gráficas de comportamiento de la Temperatura gestión oct. 2015-dic. 2017. Fuente: Estación Meteorológica UTEPSA.

Es evidente que la variación de la temperatura atmosférica, es oscilante y se evidencia que existe una variación de temperatura donde en el primer semestre del año se tiene menor temperatura en comparación al segundo semestre. También, es importante resaltar y evidenciar que la temperatura atmosférica se va incrementando de manera gradual, esto se debe a muchos factores medio ambientales que existe en la región, como, por ejemplo: el incremento de la densidad de vehículos, los mismos que emiten gases de efecto invernadero y traen esta consecuencia en el medio atmosférico. Por esta razón, es necesario observar el comportamiento generado en el índice de calor que se suscita en la región de Santa Cruz de la Sierra.

Para entender qué es el índice de calor, se toma el concepto general que nos dice que este proviene de una acción combinada entre la temperatura del aire y la humedad, la cual proporciona una representación que nos indica el nivel del calor que se siente cuando la humedad relativa se suma a la temperatura real del ambiente. Por tal razón, la figura 6, evidencia que los índices de calor para el segundo semestre del año son mayores en comparación con el primer semestre. Ante este hecho observable, se debe tomar en cuenta las recomendaciones sugeridas por estudios de la OMS, los cuales afirman que el incremento de valores de temperaturas y humedad, pueden originar ciertos malestares en actividades al aire libre, así mismo en personas enfermas, niños y personas mayores, que estén expuestas a actividades extenuantes y prolongadas.



Fuente: Estación Meteorológica UTEPSA.

Los síntomas biológicos por la exposición a la concentración de índices de calor, pueden generar principalmente molestias en la cabeza con dolores graduales y muy molestos. Por tal razón, es importante tomar en cuenta su variación en el espacio y el tiempo, ya que los registros establecidos por la estación meteorológica UTEPSA, muestran un elevado índice en el segundo semestre el mismo que también va creciendo progresivamente en comparación con las diferentes gestiones evaluadas, especialmente en los meses de noviembre, diciembre y enero. En función de lo establecido y analizado, se toma en cuenta que estos patrones están completamente ligados al fenómeno de la radiación solar y su variación temporal, para lo cual en las siguientes gráficas se muestra el comportamiento de la misma.

Recordemos que la radiación solar es la energía proveniente de nuestro Sol, y como se puede apreciar en las dos gráficas de la figura 7, estas varían según la estación del año, y las horas del día. El interés de este estudio, se concentra especialmente en el monitoreo de las intensidades de radiación que se originan cotidianamente. Estos resultados que se muestran, son los valores promedio de cada gestión semestral registrados por la estación meteorológica UTEPSA, donde estos describen los valores pico menores y se evidencia que en el primer semestre los valores pico de radiación solar llegan hasta un promedio de 600 (W/m²).

En cambio, para los segundos semestres del año, este registra una mayor intensidad de radiación, los mismos que llegan a un pico de alrededor de 800 W/m². Ante esta situación, es importante conocer que la ubicación geográfica de la estación Meteorológica, la cual se encuentra en la Latitud -17.786200 y Longitud -63.181170, en una zona horaria de -4 GTM.

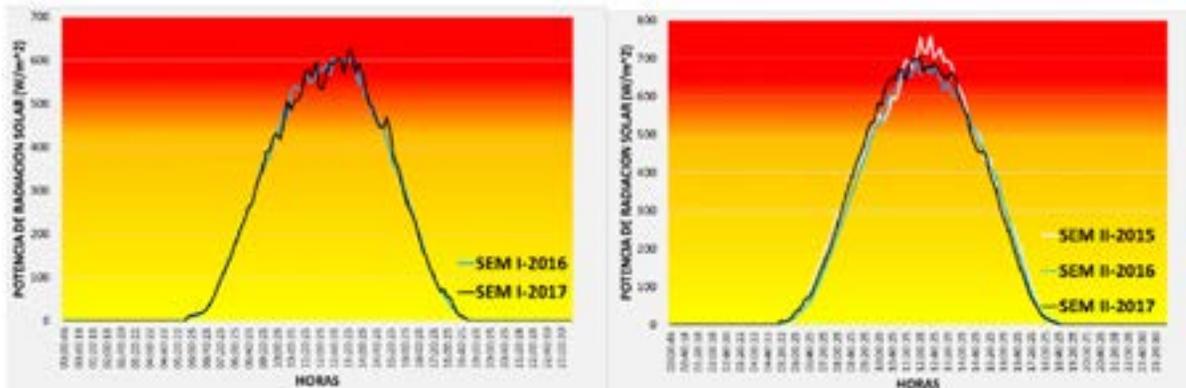


Figura 7. Gráficas de Potencia de Radiación Solar, oct. 2015 a dic. 2017. Fuente estación Meteorológica UTEPSA.

Con estos aspectos, es imprescindible tomar en cuenta que los valores pueden ser oscilantes en comparación con otras regiones por lo que es importante asumir los mismos. En esta situación, los registros evaluados presentan una descripción de las horas de sol promedio en la región (11 horas con 47 minutos 43 segundos), donde el cenit oscila desde las 11:57 a.m. hasta las 12:27 a.m. en la hora local, y donde la variación de estas intensidades se debe a las propiedades intrínsecas del planeta (rotación y traslación).

De acuerdo a estos registros, la energía irradiada por el sol, puede tener diferentes beneficios como perjuicios, para la sociedad en común. La tarea de este estudio se concentra en analizar y recomendar el aprovechamiento de las intensidades de radiación solar, para diferentes situaciones, como, por ejemplo: en sistemas de colectores solares, y sistemas de energía fotovoltaicos. En este sentido, un aspecto primordial que se debe tomar en cuenta, es las Horas Sol Pico (HSP), el mismo que es imprescindible para el asentamiento de un colector o panel solar, y de acuerdo a los registros mostrados en la Figura 7, estos pueden oscilar en las diferentes estaciones del año y con ello variar la eficiencia del sistema implementado. Por lo tanto, el promedio de las HSP es de 6,15 horas para Santa Cruz de la Sierra, teniendo un rendimiento óptimo en los colectores y paneles solares dentro de estas horas. Ante esto, también se debe considerar que dicha región, presenta un alto índice de nubes, esto por el clima tropical que lo caracteriza, presentando un elevado índice de radiación difusa. Debido a esta concentración de energía, un factor importante también a analizar es la incidencia de la radiación ultravioleta, cuyo comportamiento es descrito en la figura 8.

Estas dos últimas gráficas, muestran el comportamiento promedio de los índices de radiación UV, donde se observa la variación que tienen en forma temporal. Priorizando la importancia de estos

registros, se muestra que la intensidad UV es mayor en el segundo semestre en comparación con el primer semestre del año.

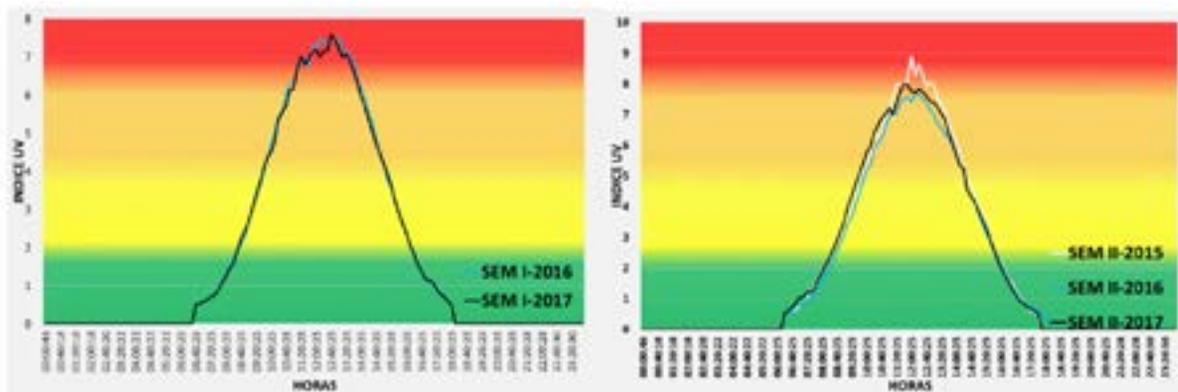


Figura 8. Gráficas de Índice Global de Radiación UV periodo oct. 2015 a dic.2017 Fuente: Estación Meteorológica UTEPSA.

Dentro de un análisis profundo, los registros muestran que el más intenso fue el mes de febrero del 2016, con un índice que supera el valor de 10, considerado por la OMS como muy alto. Así mismo, el menos intenso fue registrado en el mes de junio del 2017, con un máximo valor de 5 considerado como moderado. Es importante precautelar y considerar, que las máximas intensidades de radiación UV, se concentran en el intervalo de 11:15 a.m. a 14:45 p.m., siendo este periodo el más perjudicial para las personas que están expuestas directamente a los rayos solares, y el más eficiente para los sistemas de energía fotovoltaica.

Es fundamental mencionar que la radiación UV, es importante y perjudicial a la vez para el ser humano. La principal característica de esta radiación UV, incluyen la síntesis (formación) de vitamina D en la piel, de gran relevancia para el fortalecimiento del sistema óseo, regulación del ritmo circadiano (día-noche) y un efecto antidepresivo por la producción de endorfinas endógenas. La exposición excesiva y/o acumulada de radiación UV natural puede producir efectos dañinos a corto y largo plazo, principalmente en ojos y piel.

Como consecuencia de una sobreexposición aguda se produce el eritema o la quemadura solar en la piel y de ojos (uveítis), así como alteración de la respuesta inmune cutánea o sistémica. Los efectos a largo plazo son el foto-envejecimiento y la producción de tumores malignos en la piel (por ejemplo, el melanoma y no melanoma), así como cataratas a nivel ocular principalmente. Un aspecto importante que citar, según la OMS es: “Dentro de los cánceres no melanoma, se encuentra el carcinoma basocelular y carcinoma espinocelular, los cuales son más frecuentes que el melanoma y representan un problema de Salud Pública por los problemas de radiación UV”.

Por tal razón, es necesario recomendar a la población una seguridad de exposición a la radiación UV, donde se tenga la certeza del tiempo de exposición directa e indirecta a los rayos solares.

CONCLUSIONES

La importancia de este trabajo realizado por la universidad UTEPSA, sirve para precautelar a la población sobre los beneficios y riesgos de la radiación solar, fenómeno natural que está presente cotidianamente en nuestro hábitat. Por tal razón, de acuerdo a este estudio, se recomienda tener la protección adecuada especialmente en días soleados dentro de los horarios de 11:00 a.m. a 15:00 p.m., donde la incidencia de energía solar es progresiva hasta llegar a un pico máximo de mayor intensidad en el periodo medio oscilante, según los registros de la estación meteorológica UTEPSA.

Desde un punto de vista tecnológico, el área circundada a la Universidad UTEPSA, presenta horas de pico solar (HPS) promedio de 6,15 horas efectivas para su aprovechamiento en colectores como en paneles solares. Además de tomar en cuenta el campo visual para la implantación, este debe estar libre de objetos que obstruyan la incidencia de la radiación solar, presentando así un mayor rendimiento en los meses de diciembre, enero y febrero según datos registrados.

Es importante mencionar, que cualquier exposición de tejido biológico directo a la radiación UV de manera natural o artificial, que exceda el tiempo prolongado superior a los 15 minutos, causará daño de quemaduras y posteriores consecuencias celulares. Por tal razón, se sugiere tomar nota de la prevención a los individuos que asisten a las famosas duchas o camas solares. Así mismo, es importante señalar la protección en los niños y adultos con mucho más cuidado, ya que estos tienen condiciones fisiológicas de crecimiento y envejecimiento, dando mayor vulnerabilidad a enfermedades por exposición solar. Por lo que se recomienda vestir con ropa de manga larga o con sombrero en horas pico.

Un aspecto importante a considerar por la población es que si están sometidos a radiación UV de manera artificial, deben tomar muy en cuenta el tiempo de exposición y la dosis que se aplicará al cuerpo, ya que estos pueden traer una serie de consecuencias futuras para la piel como para algunos órganos del cuerpo. Por tal razón, es importante tomar en cuenta la precautelación del tiempo y duración de la exposición.

De manera coloquial, el presente documento tiene la intención de disminuir y precautelar la incidencia de la radiación solar, que pueda generar accidentes y/o enfermedades que se producen o se agravan por la exposición continua y prolongada a la radiación UV en las diferentes áreas donde se realizan diferentes tareas y actividades de esparcimiento de la sociedad en general.

También es importante mencionar que estos registros meteorológicos de la estación UTEPSA, están al servicio de la población para las diferentes tareas que se puedan realizar en futuros proyectos de investigación relacionados con la energía fotovoltaica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abal, G. (2010). Fundamentos de la Energía Solar: Radiación Solar. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República.

Andrades, M. & Núñez C. (2012). Fundamentos de Climatología. La Rioja, España: Universidad La Rioja, servicio de publicaciones.

Espejo, J.F.J. (2016). Tema 3. La atmósfera La atmósfera Capa gaseosa que rodea la Tierra. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/5509204/>

Física-UMSA. (2016). Laboratorio de Física de la Atmósfera. Obtenido de: <http://www.chacaltaya.edu.bo/lfa-bolivia.html>

García, J.A. (2004). Apuntes de Meteorología. Badajoz, España: Universidad de Extremadura.

Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. (2015). Estudio sobre legislación de cambio climático 2015. Reino Unido: Seacourt Ltd.

Martínez, A. (2007). Modelos Empíricos para la Estimación de la Irradiancia Solar Ultravioleta. Badajoz, España: Universidad de Extremadura.

OMS. (2016). Obtenido de: <https://www.who.int>

Ormachea, O., Romero, F., Urquidi, O. & Abrahamse, A. (2011). Desarrollo de un Sistema de Monitoreo de Radiación Solar Basado en un Espectrómetro de Amplio Espectro. Investigación & Desarrollo UPB , 11, 73-84.

Podesta, R.R. (2015). Curso Física de la Atmósfera. Recuperado de: http://www.novapersei2.org/sitio/files/fa_1.pdf

Robert, N. & Cherry, Jr. (2001). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo (Radiación ionizante). Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Rodríguez, C. (2015). La Atmósfera. Recuperado de: http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_1/1_Tema_03_La_atmosfera.pdf

Sánchez, M. (2010). Energía Solar Térmica. México: Limusa.

Suay, J.M. (2010). Conceptos Básicos de Climatología y Meteorología. San Juan de Alicante, España: Lulu.com.

Universidad de Córdoba. (2016). Radiación solar. Recuperado de: <http://www.uco.es>: <http://www.uco.es/~fa1lolur/Docureno/Radiacion.pdf>.

