

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>Código:</b>	CIMA-020213
<b>Centro de Investigación:</b>	CENTRO DE INVESTIGACION EN MODELAMIENTO AMBIENTAL
<b>Programa:</b>	Implementación de Modelos para Riesgos Naturales
<b>Título del Proyecto:</b>	ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS: RADICACIÓN SOLAR Y LLUVIA INTENSACON DATOS DE ESTACIONES EN TIERRA Y SATELITALES
<b>Grupo de Investigación:</b>	Estudio del tiempo y clima
<b>Area de Conocimiento:</b>	Ciencias de la Vida
<b>Línea de Investigación:</b>	Estudio del tiempo y clima
<b>Tipo de Investigación:</b>	Básica Aplicada
<b>Campo :</b>	Tecnologías
<b>Investigador Principal :</b>	SHEILA SERRANO VINCENTI
<b>Proyectos Vinculados :</b>	Proyecto CIMA: Portal web con boletín meteorológico automatizado diario, con base de datos del clima, pronóstico a cuatro meses y estudio de la lluvia intensa.
<b>Duración del Proyecto :</b>	12 Meses
<b>Localización del Proyecto :</b>	Campus Girón - Quito
<b>Fecha de ingreso :</b>	01/10/2013 09:42

## 2. ANTECEDENTES

Dentro del marco de la Red Ecuatoriana de Cambio Climático, se ha venido impulsando el estudio científico en temas relacionados con los Cambios de Clima asociados al Calentamiento Global. En esta iniciativa, de la cual participan 23 universidades desde hace 3 años, se ha venido dando un proceso de integración científica entre quienes que estudian temas afines o complementarios relacionados a esta temática.

Es así, como en el 2012 se participó en un Estudio de Vulnerabilidad del DMQ en donde se trabajó conjuntamente con la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Corideas y Ecociencias; bajo la dirección del Stokholm Enviromental Institute (SEI) y la Secretaría del Ambiente con el financiamiento del Climate Developmet Knowledge Network (Serrano et al., 2012).

Asimismo, estudios sobre la precipitación intensa utilizando datos satelitales, vincularon a los estudios del centro con investigaciones que se llevan a cabo en la Escuela Politécnica Nacional en el Área de las ciencias de la Tierra y el Espacio, es así que se inician investigaciones con el Nodo Regional Andino de Astronomía (Serrano et al., 2013).. La participación de la UPS en estos procesos fue posible debido a que se han llevado a cabo procesos de investigación en el área del tiempo y clima desde el 2008, el último proyecto, denominado Portal web con boletín meteorológico automatizado diario, con base de datos del clima, pronóstico a cuatro meses y estudio de la lluvia intensa, dio continuidad a este proceso en el año 2012 y 2013, dando paso también a un proceso de estudios de cuarto nivel. Es así, como desde el 2010, dos investigadores de la UPS, se integran a un proceso de Maestría-Doctorado en Física en la EPN, en donde un proceso de investigación se enmarca en el estudio de las precipitaciones intensas, desde la perspectiva de los sistemas complejos y las transiciones de fase continuas (Serrano y Basile, 2012).

Estas iniciativas científicas, han dado lugar al presente proyecto de investigación en donde se quiere no sólo dar continuidad a los avances investigativos de las anteriores propuestas sino aprovechar el trabajo en red, tanto interdisciplinaria como interuniversitariamente.

## 3. JUSTIFICACIÓN

El clima es un tema de estudio que mantiene más preguntas que certezas. La naturaleza de las ecuaciones que lo gobiernan hace que sea virtualmente impredecible (Palacios y Serrano, 2010), sobretodo al tratar con eventos extremos como lluvias torrenciales, olas de calor y de frío, huracanes, y otros eventos que representan daños importantes a las poblaciones.

En este caso se ha elegido estudiar a dos eventos de importante influencia sobre los asentamientos humanos: la radiación solar y la lluvia intensa.

La radiación solar excesiva es el principal causante de cáncer de piel en las poblaciones tropicales, sólo en Quito es responsable de una incidencia de 22% sobre otros tipos cáncer (SOLCA, 2010). Al momento no existen suficientes estudios que determinen si estas cifras se relacionan con el Cambio Climático, Variabilidad climática o actividades extraterrestres, como la actividad solar, cuyas características son cíclicas. El entendimiento de este fenómeno es importante sobretodo en regiones de latitud cero en donde las radiaciones son mayores debido a la perpendicularidad de los rayos del sol, y en donde no existen estudios suficientes de estos comportamientos.

Por otro lado, las lluvias intensas y su comportamiento impredecible causan todos los años pérdidas millonarias ya sea por su ausencia a través de sequías y desertización, como por su presencia, en cuyo caso se presentan inundaciones con las correspondientes pérdidas en diferentes sectores de la producción: como la agricultura, turismo, construcción, infraestructura, entre otras. Este evento extremo en especial es uno de los más impredecibles (Palacios y Serrano, 2010), ya que para los modelos numéricos, los eventos extremos son difíciles de modelar. Sin embargo, existen nuevas propuestas de estudio basadas en las teorías de los sistemas complejos y las transiciones de fase continuas (Serrano y Basile, 2012), (Peters y Neelin, 2006). Estos nuevos marcos teóricos podrían hacer factible mejorar el entendimiento de estos fenómenos intensos y en un futuro próximo mejorar nuestra capacidad y preparación ante los mismos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo General

Determinación del comportamiento de la radiación solar: sus efectos sobre la piel e interrelaciones con la actividad solar, y estudio de la precipitación intensa desde la perspectiva de sistemas complejos y transiciones de fase continuas.

### 4.2 Objetivos Especificos

- 1 1. Determinar el comportamiento de la Radiación solar en Quito analizando los datos de la Red de Monitoreo de la Secretaría del Ambiente de los últimos 10 años y Analizar los eventos extremos generando un programa basado en los índices de R-climdex.
- 2 2. Analizar la actividad solar de los últimos 10 años y correlacionar la misma con la radiación solar.
- 3 3. Analizar la incidencia de cáncer de piel en Quito en los últimos 10 años y correlacionar la misma con la radiación solar.
- 4 4. Realizar un estudio de la precipitación intensa utilizando los datos satelitales y de modelado numérico MERRA, basándose en las transiciones de fase continuas. Y generar un modelo teórico desde las Transiciones de Fase continuas.
- 5 5. Generar un curso entre las universidades participantes en el cual se describan las particularidades climáticas de las zonas tropicales, mismo que sería expuesto en el I Congreso Internacional de las ciencias de la tierra y la construcción en la Escuela Politécnica del Ejército ESPE.

## 5. ESTADO DEL ARTE

### 6. ESTADO DEL ARTE/ESTADO DE LA CIENCIA

#### 6.1 Radiación solar, actividad solar y cáncer de piel.

El sol es una central termonuclear que produce una gran radiación electromagnética, aunque sólo llegan a la superficie de la tierra longitudes de onda comprendidas entre los 290 nanómetros (nm) y los 5000 nm, gracias a que la capa de ozono estratosférica detiene las radiaciones más peligrosas. La energía radiante está constituida por un 56% de rayos infrarrojos (800 nm - 5000 nm), 39% de luz visible (400 nm - 800 nm) y 5% de radiación ultravioleta o UV (290 nm - 400 nm). Estos últimos divididos en (Honeyman, 2010):

1. UVA (320-400 nm) que constituyen el 98% de los RUV atraviesan el vidrio y penetran hasta la epidermis, pero su energía decrece en función de la longitud de onda. Existe una UVA larga o UVA I (340-400 nm) y una corta o UVA II (320-340 nm).
2. UVB (290-320 nm), que representan el 2% de los RUV tienen una energía altísima y son detenidos por el vidrio y la epidermis.
3. UVC (100-280nm) que es absorbida por la capa de ozono y no alcanza a la tierra. De gran energía y capacidad destructiva. Se emplea artificialmente para esterilización.

Por otro lado, la ciudad de Quito ha sufrido importantes transformaciones en los últimos veinte años. Desde el punto de vista epidemiológico: su población casi se ha duplicado, el parque automotor es muy denso y ha saturado el aire con partículas y derivados poliaromáticos, ha perdido espacios verdes y árboles, hay más ruido, en fin, la vida se ha hecho más intensa, casi frenética. Los sociólogos descubrirían otras realidades: la mujer tiene mayor presencia pública y participa de manera creciente en empleos diversos antes copados por los varones; el régimen de la alimentación diaria, antes pausado, con almuerzo familiar incluido, ha cedido el paso a las comidas rápidas en restaurantes o en los ambientes laborales; la vivienda, antes amplia y solariega, ha sido sustituida por restringidos departamentos en grandes condominios.

Este panorama ha influenciado la aparición de neoplasias, los datos del Registro revelan que los cánceres de mayor incidencia en hombres y mujeres, en el período 2003-2005, fueron los de estómago, colon, bronquios y pulmón, sistema hematopoyético y retículo-endotelial, piel y tiroides. En los hombres, por supuesto, predominó el cáncer de próstata a partir de los 65 años de edad. En la mujer predominaron los cánceres de mama y de cuello del útero. Al seguir la tendencia de estos cánceres desde el período 1986-1990 hasta el período 2003-2005, surgen sugestivos hallazgos: el cáncer de estómago disminuyó, aproximadamente, 30% en los varones y 20% en las mujeres. El cáncer de colon se incrementó, aproximadamente, 80% en los dos géneros. El cáncer de pulmón se incrementó 40% en las mujeres y se mantuvo estable (aunque en una tasa más alta) en los hombres. El cáncer del sistema hematopoyético se mantuvo estable en los hombres y se incrementó 80% en las mujeres, de modo que se igualaron las tasas. El cáncer de la piel se duplicó en los hombres y se incrementó 50% en las mujeres. El cáncer de tiroides se duplicó en las mujeres y se incrementó 50% en los hombres. El cáncer de mama se incrementó 40%; pero el cáncer de cuello del útero disminuyó, aproximadamente, 50%.

Es de particular importancia el comportamiento del cáncer de piel, el mismo que se ha incrementado en los quiteños y quiteñas. Es conocido que la exposición aguda y severa a radiación solar se asocia con melanoma; la radiación crónica, en cambio, se asocia con otros cánceres de la piel. Son estos cánceres los que se han incrementado más significativamente desde 1986. Aunque el uso de bloqueadores solares es cada vez más amplio, todavía hay un gran segmento poblacional que no los usa cotidianamente. Es posible también que la radiación más nociva se haya incrementado como consecuencia de los cambios climáticos (SOLCA, 2010).

Y es que el cáncer de piel, neoplasia cutánea o fotocarcinogénesis, está relacionada con un efecto acumulativo dosis dependiente de LUV y del tipo de piel. Entre las evidencias que apoyan que la radiación solar particularmente la UV es un factor causal del cáncer de piel destacan (Honeyman, 2010):

¿ Asociación en blancos, del cáncer de piel con las áreas fotoexpuestas.

¿ Asociación inversa con la protección contra la UV. El cáncer de piel es poco frecuente en las razas de piel oscura y por el contrario individuos de piel clara son más susceptibles a desarrollar cáncer de piel.

¿ Asociación con la cantidad de exposición solar. La prevalencia es mayor en los individuos que pasan más tiempo al aire libre.

¿ Asociación con la intensidad de la exposición solar. La incidencia en blancos aumenta con la cercanía al ecuador donde la intensidad de la radiación es más alta.

¿ Experimentalmente, con la LUV se ha demostrado una clara dosis respuesta en el desarrollo de acantosis, papilomatosis y eventualmente cáncer invasor.

¿ Evidencia clínica: Enfermedades genéticas con fotosensibilidad como Albinismo y Xeroderma pigmentoso se asocian a desarrollo precoz de cáncer de piel. Estos pacientes tienen una falla genética de sus mecanismos de reparación del DNA, específicamente de los dímeros de pirimidina.

La fotocarcinogénesis provocada por una exposición solar excesiva persiste por 10 - 20 años (efectos acumulativos). La UVB y UVA corta (320-340) provocan mutaciones del ADN a lo cual se asocia a un defecto de la inmunidad y alteración de los mecanismos de reparación de la piel. Según autores franceses 15 días de vacaciones en la playa cada año quintuplican el riesgo de cáncer. La exposición/vida de 150,000 horas de una piel mate (tipo IV) y de 50,000 horas de una piel tipo II produciría cáncer epidérmico.

La LUV también participa en la generación de melanomas. Las quemaduras por irradiación brusca, especialmente en niños o adolescentes y en zonas habitualmente cubiertas son factores inductores de importancia. Esto es especialmente importante para pieles tipo I y II. Por cada 1% que baja la densidad de la capa de ozono aumenta en 1,5% la tasa de melanoma.

En cantidades pequeñas, las radiaciones ultravioleta son beneficiosas para la salud y desempeñan una función esencial en la producción de vitamina D. La exposición excesiva, en cambio provoca efectos nocivos como diferentes tipos de cáncer cutáneo, quemaduras de sol, envejecimiento acelerado de la piel, cataratas y otras enfermedades oculares. En el sistema inmunitario se asocia a supresión de la inmunidad mediada por células, aumento de la susceptibilidad a la infección entre otras (Lucas, 2010).

Los adultos mayores son vulnerables los efectos nocivos de las radiaciones ultravioleta. En los niños, niñas y adolescentes la exposición excesiva probablemente intervenga en la aparición del cáncer de piel en etapa posterior de la vida. Aún no se conocen los mecanismos que intervienen, pero puede ser que la piel sea más susceptible a los efectos nocivos de las radiaciones ultravioleta durante la niñez.

Tanto las radiaciones UVA como la UVB juegan un papel importante en la patogénesis (origen y desarrollo) de enfermedades fotosensibles. El tipo de piel también es importante. Las personas de piel clara sufren más quemaduras solares y tienen un riesgo más elevado de cáncer de piel que las de piel oscura. Sin embargo, a pesar de que la incidencia de cáncer de piel es menor en las personas de piel oscura, los cánceres suelen detectarse más tarde, en un estadio más peligroso. El riesgo de lesiones cutáneas, envejecimiento prematuro de la piel e inmunodepresión es independiente del tipo de piel (Lucas, 2010).

La exposición excesiva a las radiaciones ultravioleta ocasiona varias alteraciones crónicas de la piel. Datos epidemiológicos sugieren la existencia de una estrecha asociación entre el desarrollo de tumores de piel y una excesiva exposición a la radiación ultravioleta de la luz solar. Sin embargo esta asociación tan directa no está totalmente clara con respecto al origen del melanoma, en el cual múltiples factores parecen intervenir: predisposición genética, exposición a la luz ultravioleta (sol, fuentes artificiales), y exposición ambiental a mutágenos (sustancias químicas, virus, radiaciones), entre otros (Cabrera y López 2006).

Melanoma maligno cutáneo: cáncer maligno de la piel potencialmente mortal.

Carcinoma espinocelular: cáncer maligno que generalmente avanza con menor rapidez que el melanoma y ocasiona la muerte con menor frecuencia.

Carcinoma basocelular: cáncer cutáneo de crecimiento lento que predomina en las personas mayores.

Fotoenvejecimiento: pérdida de la firmeza de la piel y aparición de queratosis solares.

En cuanto a las alteraciones visuales, las radiaciones ultravioleta ocasionan los efectos agudos conocidos como fotoqueratitis (inflamación de la córnea) y fotoconjuntivitis (inflamación de la conjuntiva). Estos efectos desaparecen por completo, se previenen fácilmente usando gafas protectoras y no se acompañan de lesiones a largo plazo.

Efectos crónicos de las radiaciones ultravioleta:

Cataratas: enfermedad de los ojos en la que el cristalino se va opacando poco a poco, lo que va disminuyendo la visión y acaba causando ceguera.

Terigión: carnosidad blanca o de color crema que aparece en la superficie ocular.

Carcinoma epidermoide de la córnea o de la conjuntiva: tumor raro de la superficie ocular.

Finalmente, se ha mostrado que las radiaciones ultravioleta disminuyen la eficacia del sistema inmunitario porque modifican la actividad y la distribución de las células que desencadenan las respuestas inmunitarias. La inmunodepresión puede reactivar el virus del herpes simple en los labios.

## 6.2 Transiciones de fase continuas y lluvia intensa.



Un fluido, como la atmósfera, al cual se le impone una diferencia de velocidad  $v$ , sobre una escala de longitud  $L$ , experimenta una transición a un estado turbulento. En este estado se generan vórtices con un amplio rango de escalas de longitud. Mientras que la energía se disipa localmente dentro de una pequeña escala de longitud llamada longitud de Kolmogorov, con dimensiones fractales cercanas a cero (Mandelbrot, 1982).

Al igual que los ejemplos canónicos de la pila de arena y los terremotos, el fenómeno de la turbulencia en un fluido tiene un comportamiento similar, aunque sus escalas de tiempo y espacio difieren enormemente. En ambos casos la energía entra al sistema de una manera lenta y uniforme y lo abandona localmente, tal como menciona Kagan, en su libro Sismicidad: turbulencia en Sólidos.

De esta manera, se hace evidente la validez de pensar en un proceso SOC, como uno turbulento.

Generalmente, la turbulencia en un fluido estaba determinada por las ecuaciones dinámicas no lineales de Navier Stokes, utilizadas ampliamente en la investigación de los comportamientos atmosféricos (Palacios et al., 2009). Sin embargo, la naturaleza no analítica de las soluciones de estas ecuaciones hacían ver a los fenómenos atmosféricos como caóticos (Steward, 1997). Generándose así esfuerzos para desarrollar técnicas computacionales que a través de métodos numéricos y una amplia red de monitoreo meteorológico han podido generar avances en la investigación de los comportamientos climáticos, pero sin un modelo teórico que realmente pueda evidenciar la verdadera naturaleza del sistema atmosférico.

Años atrás, en 1974 Arakawa y Schubert, conciben al sistema atmosférico como uno de acumulación de energía generada por los procesos de evaporación del agua, seguido por procesos de disipación de la misma representados por las precipitaciones.

De esta manera, y desde un punto de vista estadístico, se evidenciaría un equilibrio entre los procesos de acumulación y disipación de energía aunque en realidad el sistema está fuera del concepto conocido del equilibrio termodinámico, por lo que se ha denominado a estos sistemas como de cuasi-equilibrio (QE). Sin embargo, a pesar de que contar con un modelo de esta naturaleza fue valioso, la lluvia seguía siendo considerada parte de un sistema dinámico que tendía irremediablemente al caos y escapaba de las predicciones, sobretodo cuando se trataba de la precipitación intensa (Palacios y Serrano, 2011).

En el año 2002 se hicieron interesantes estudios experimentales para relacionar a la teoría de la SOC con el fenómeno de la precipitación (Peters y Christensen, 2002; Peters et al., 2002). Se realizó un estudio de la precipitación generada sobre el Mar Báltico con datos de radar Doppler, aplicados sobre un rango de altura que iba de los 50 a los 250 msnm durante todo el año 2001. Cabe indicar que se eligió realizar el trabajo sobre el mar debido a la poca variabilidad térmica del agua.

Los datos de radar utilizados tuvieron una gran precisión que llega incluso a detectar precipitaciones de hasta 10<sup>-4</sup> mm (se determinó como precipitación a cualquier masa de agua que caía con velocidad diferente de cero). Detectando de esta manera virgas, es decir, precipitaciones tan pequeñas que se evaporan antes de tocar el suelo.

Asimismo, la resolución temporal también fue alta: 1 min, lo cual permitió detectar la verdadera intensidad de la lluvia, por corta que esta fuera ya que no se ocultaba su verdadera magnitud, que generalmente se perdía al promediarla en periodos de tiempo mayores.

De esta manera Peters et al. (2002) encuentran que la distribución de las magnitudes de las precipitaciones registradas seguían una ley de potencia, tal como ocurría con el modelo de la pila de arena. La relación que se encontró fue:

$$N(M) \propto M^{-\zeta} \quad (1)$$

donde  $N(M)$  se refiere al número de eventos producidos en el año estudiado,  $M$  la magnitud de la precipitación medida en mm, y  $\zeta$  se refiere al exponente de la relación, que en este caso llegó a ser  $\zeta = 1,4$ .

De esta manera, se infiere que la precipitación es un buen candidato a un sistema en SOC y que por lo tanto dicho marco teórico puede ser considerado para este estudio.

Por otro lado, la mayoría de tormentas ocurren en escalas de tiempo relativamente cortas y se presentan como eventos extremos con tasas de lluvia que exceden los promedios climatológicos por varios órdenes de magnitud.

Desde la aplicación de la dinámica de fluidos al estudio de la atmósfera, es un hecho conocido que el movimiento de las masas de aire húmedas se da principalmente por convección, y la precipitación -algunas veces intensa- que este movimiento ocasiona es sensible a las variaciones del vapor de agua calculadas a lo largo de una columna vertical. Estos valores generalmente son estudiados en grandes escalas de tiempo y espacio; hecho verificado tanto en observaciones reales, como las de Parsons et al. (2000), y en modelos numéricos como en Grabowski (2003). En este caso, el efecto del empuje del vapor de agua sobre las nubes, arrastra el aire circundante generando un flujo turbulento. Así, la hipótesis de Peters y Neelin (2006a) plantea que la transición a la convección intensa, acompañada por el inicio de la precipitación intensa, muestra signos

de ser una transición de fase continua. Cabe indicar que las transiciones de fase que se dan en un fluido en convección son completamente diferentes a las transiciones de fase discontinuas, típicas de los cambios de estado, como la condensación que se da en las gotas de agua.

De esta manera, el modelo de Peters y Neelin considera a la atmósfera como una grilla tridimensional. Las reglas de conservación de partículas se definen de tal manera de que en cada espacio de la red exista un número definido de partículas, las cuales podrán saltar al espacio vecino si dentro de su propia región se excede un cierto umbral crítico de densidad. Estas simples reglas generarán una transición de fase al llegar a este valor crítico; desde una fase con poca movilidad (en donde eventualmente el sistema llega a una configuración estable) hacia una fase activa (en donde las configuraciones estables ya no son accesibles). El parámetro de sintonización será entonces la densidad de partículas estacionarias, y el parámetro de orden se identifica como la densidad de sitios activos, como indican Marro y Dickman (1999).

Así, la SOC se describe como un atractor de la transición de fase, ya que al estar abiertas las fronteras de la grilla, y asimilar una adición de partículas muy lenta, el parámetro de sintonización se incrementa hacia el valor crítico de densidad, lo cual genera una transición de fase hacia un estado activo que a su vez disipa a las partículas desembocando en una disminución del parámetro de sintonización nuevamente hacia el estado crítico.

El modelo propuesto define al parámetro de orden como a la precipitación, mientras que el parámetro de sintonización queda determinado por la cantidad de vapor de agua. Así, las avalanchas de todos los tamaños (lluvias), serán la característica del estado crítico, que resultan de la proximidad permanente del sistema alrededor de un punto crítico (Pruessner y Peters, 2006).

Esta conjetura coincide tanto con el concepto de transición de fase, como con el de QE (Arakawa y Schubert, 1974). Las pruebas observables de esta continua proximidad a un estado de QE han sido la base de la mayoría de parametrizaciones convectivas en los modelos dinámicos a gran escala y mesoescala, así como mucha de la teoría dinámica tropical desarrollada hace más de dos décadas

## 6. METODOLOGÍA

### 7. METODOLOGÍA

1. Determinación de la relación de la radiación solar, la actividad solar y la incidencia de cáncer de piel en Quito.

En primer lugar se utilizarán los datos del Municipio de Quito el cual cuenta con la RED DE MONITOREO ATMOSFÉRICO como herramienta de vigilancia de la calidad del aire de Quito. Los datos proceden de Seis estaciones meteorológicas con sensores automáticos para medir velocidad y dirección del viento (MetOne), humedad (Thies), radiación solar (Kipp & Zonen), temperatura (Thies), presión (Vaisala) y precipitación (Thies). Estos sensores están instalados sobre el techo de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire.

Se realizará el análisis estadístico de los datos disponibles que datan del 2000 hasta la fecha, para el efecto se diseñará un programa en software libre basado en lenguaje Python para determinar el comportamiento de los eventos extremos tal como lo realiza el programa R-climindex para el estudio de las temperaturas extremas. Este primer trabajo se realizará en el CIMA-UPS.

Por otro lado, la Escuela Politécnica nacional estudiará y recopilará los datos de actividad solar tomada de los satélites de la NASA, la cual se encuentra en libre disposición. Se utilizará para su análisis el programa gnuplot. Una vez analizados los datos se los correlacionará con los datos de radiación solar. De los resultados se obtendrá un artículo científico.

Asimismo, la Pontificia Universidad Católica del Ecuador analizará los datos epidemiológicos de ocurrencias de Cáncer de piel de los registros de SOLCA- Quito, analizará los datos estadísticamente y los correlacionará utilizando Excel. Los resultados serán publicados en el mismo artículo científico.

2. Estudio de la precipitación intensa dentro de las transiciones de fase continuas

En el CIMA-UPS se recopilarán los datos satelitales y de re análisis del satélite MERRA, los cuales se encuentran disponibles en la página web de la NASA. Los analizará estadísticamente utilizando programas y scripts basados en Python y generará un marco teórico que explique la climatología de la zona de estudio dentro del marco teórico de los sistemas complejos y las transiciones de fase continuas.

3. Curso de climatología

En el marco de la Red Ecuatoriana de Cambio Climático, la UPS y otras universidades: EPN, U. Cuenca, la Universidad Técnica de Manabí (UTM) se unen para capacitarse y capacitar posteriormente, en el tema de climatología a los integrantes de la Red. De esta manera, el Laboratorio Mixto Internacional de Glaciares y Recursos Hídricos de Altura en los Andes Tropicales-Indicadores de Cambios Ambientales (LMI GREATICE), capacitarán a los miembros de la red, bajo el compromiso de réplica de esta capacitación. En una primera instancia, esta réplica se realizará para el público en General en el I Congreso Internacional de las ciencias de la tierra y la construcción en la Escuela Politécnica del Ejército ESPE. Una vez logrado el curso, este curso podrá ser reproducido en cada institución a través de seminarios y charlas técnicas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Honeyman J. 2010. Efectos de las radiaciones solares en la piel. *Rev. Col. Ambiental*.
- Adami, C. 1955. Self-organized criticality in living systems. *Physical Letters A*, 203(1): 29-32.
- Arakawa, A. y W. Schubert. 1974. Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large-scale environment, part I. *Journal Atmospheric Science*, 31: 674-701.
- Bak, P. 1996. *How Nature Works: The science of self-organized criticality*. Copernicus.
- Bak, P. y K. Chen. 1991. Self-organized criticality. *Science American*, 246(1).
- Bak, P. y K. Sneppen. 1993. Punctuated equilibrium and criticality in a simple model of evolution. *Physical Review Letters*, 71(24): 4083-4086.
- Bak, P., C. Tang y K. Wiesenfeld. 1987. Self-organized criticality. *Physical Review A*, 38(1): 364-374.
- Benjamin, Grell, Brown, Smirnova y R. Bleck. 2004. Mesoscale weather prediction with the RUC hybrid isentropic-terrain-following coordinate model. *Mon. Weather Rev.*, 132: 473-494.
- Bleck, Benjamin, Lee y MacDonald. 2010. On the use of an adaptive, hybrid-isentropic vertical coordinate in global atmospheric modeling. *Mon. Weather Rev.*, 138: 2188-2210.
- Bretherton, C., M. Peters y L. E. Back. 2003. Relationships between Water Vapor Path and Precipitation over the Tropical Oceans. *Journal of Climate*, 17.
- Bretherton, C., M. Peters y L. E. Back. 2004. Relationships between water vapor path and precipitation over the tropical oceans. *Journal Clim.*, 17.
- Bunde, A., J. Eichner, R. Govindan, S. Havlin, E. Koscielny-Bunde, D. Rybski y D. Vjushin. 2003. Power-Law persistence in the Atmosphere Analysis and Applications. *Nonextensive Entropy-Interdisciplinary Applications*, New York Oxford University Press, 17.
- Chistensen, K., H. J. Jensen y H. C. Fogedby. 1991. Dynamical and Spatial Aspects of Sandpile Cellular Automata. *J. Stat. Phys.*, 63: 653-681.
- Condom, T., P. Rua y J. C. Espinoza. 2011. Correction of TRMM 3B43 monthly precipitation data over the mountainous areas of Peru during the period 1998-2007. *The European Physical Journal B*, 82: 83-89.
- Cowan, G., D. Pines y D. Meltzer. 1994. *Complexity: Metaphors, Models and Reality*. SFI Studies in the Sciences of Complexity. Addison Wesley.
- Grabowski. 2003. MJO-like coherent structures: Sensitivity simulations using the cloud-resolving convection parameterization (CRCP). *Journal of Atmospheric Sciences*, 60: 847-864.
- Ibañez, J. 2007. *Física de Fractales, Geosfera, Edafosfera y Biosfera (La Criticalidad Autoorganizada)*. MI+D.
- Jaynes, E. 1957. Information theory and statistical mechanics. *Phys. Rev.*, 105: 620-630.
- Kagan, Y. 1992. Seismicity: Turbulence of solids. *Nonlinear Sci. Today*, 2: 1-13.
- Kron, T. y T. Grund. 2009. Society as a Self-organized Critical System. *Cybernetics and Human Knowing*, 16: 65-82.
- Liu, Y., C. Liu y D. Wang. 2011. Understanding Atmospheric Behaviour in Terms of Entropy: A Review of Applications of the Second Law of Thermodynamics to Meteorology. *Entropy*, 13: 211-240.
- Peters, O. y K. Christensen. 2002. Rain: Relaxations in the sky. *Physical Review E*.
- Peters, O., C. Hertlein y K. Christensen. 2002. Complexity view of rainfall. *Physical Review Letters*, 88(1).
- Peters, O. y D. Neelin. 2006a. Critical phenomena in atmospheric precipitation-Supplementary Information. *nature physics*.
- Peters, O. y J. D. Neelin. 2006b. Critical phenomena in atmospheric precipitation. *Nature physics*, 2: 393-396.
- Privman, V., P. Hohenberg y Aharony. 1991. A. in *Phase Transitions and Critical Phenomena*. Academic, New York, 14: 1-134.
- Pruessner, G. y O. Peters. 2006. Self-organized criticality and absorbing states: Lessons from the Ising model. *Physical Review E*, 73(025106).
- Puyeyo, S. 2011. Self-organised criticality and the response of wildland fires to climate change. *Climatic Change*, 82: 131-161.
- Ramirez, R. 2000. *Autocriticalidad de los incendios forestales*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Estudios a Distancia.
- Raup, M. D. 1986. Biological extinction in earth history. *Science*, 251: 1530-1532.
- Reynoso, C. 2007. *Complejidad y el Caos: Una exploración antropológica*. Universidad de Buenos Aires.
- Roopun, Kramer, Carracedo, Kaiser, Davies, Traub, Kopell y Whittington. 2008. Temporal interactions between cortical rhythms. *Front. Neurosci.*, 2: 145-154.
- Sekar, I. 2007. Realization of social behavior in a dc glow discharge plasma. *Physics Letters A*, 360: 717-721.
- Serrano, S., N. Vásquez, P. Jácome y L. Basile. 2013. Intense precipitation and phase transitions. *Sun and Geosphere*. Vol 14. (accepted).
- Serrano Vincenti, S. D. Zuleta, V. Moscoso, P. Jácome, E. Palacios y M. Villacís. 2012. Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja* Vol. 16(2).
- Serrano, S. y L. Basile 2012. La precipitación intensa vista desde la criticalidad autoorganizada y las transiciones de fase continuas: un nuevo enfoque de estudio. *La Granja*. Vol. 15(1): 5-18. ISSN: 1390-3799.
- Palacios, E. y S. Serrano. 2011. Validación de los Modelos de Cambio Climático hidrostáticos y no hidrostáticos sobre la climatología del Ecuador en las variables de precipitación y temperaturas extremas. *La Granja*. Vol. 13(1): 21-30. ISSN: 1390-3799.
- Serrano, S., E. Palacios, P. Núñez, M. Zambrano y C. Terán. 2009. Descripción de las mejores condiciones



ambientales para el prototipo PGA: el modelo atmosférico. Boletín PGA. Vol.1(1)  
 Palacios, E., S. Serrano y P. Núñez, 2009. Estudio de la climatología ecuatorial con métodos numéricos: pronósticos de tiempo, validaciones y reconstrucción de la atmósfera. La Granja. Vol. 10 (2). Pp.16-26.  
 Serrano, S., E. Palacios, P. Núñez, J. Araujo. 2009. El Modelamiento científico en la UPS: una alternativa en investigación, UNIVERSITAS. Año 9. No.12  
 Sethna, J. 2010. Entropy, order parameters and Complexity. Clarendon, Oxford.  
 Steward, I. 1997. Does God play dice? Penguin Books.  
 Turcotte, D. L. 1985. Collapse of loaded fractal trees. Nature, 313: 671.  
 Yeomans, J. 1992. Statistical Mechanics of Phase Transitions. Clarendon, Oxford.  
 Zhang, G., U. Tirnakli, L. Wang y T. Chen. 2011. Self organized criticality in a modified Olami-Feder-Christensen model. The European Physical Journal B, 82: 83-89.  
 Zhang, Y. y S. Klein. 2010. Mechanisms Affecting the Transition from Shallow to Deep Convection over Land: Inferences from Observations of the Diurnal Cycle Collected at the ARM Southern Great Plains Site. Journal of atmospheric sciences.  
 Lucas R. Solar ultraviolet radiation: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Prüss-Ustün A and Perkins van Deventer E, eds. Geneva, World Health Organization, 2010 (Environmental Burden of Disease Series, No. 17).  
 C. M. Cabrera Morales y M. A. López-Nevot Oncología, 2006; 29 (7):291-298

## 8. RESULTADOS ESPERADOS

- ¿ Dos artículos científicos en revistas indexadas, realizados en colaboración interuniversitaria.
- ¿ Memorias impresas en el I Congreso Internacional de las ciencias de la tierra y la construcción en la Escuela Politécnica del Ejército ESPE, acerca del Curso impartido.
- ¿ Curso de climatología diseñado en colaboración con el LMI GREATICE, EPN, ESPE, PUCE, UTM.
- ¿ Tesis de postgrado: Maestría en Física.
- ¿ Tesis de pregrado: Ingeniería Ambiental UPS.
- ¿ Programas estadísticos sobre Phyton para el análisis estadístico y bajada automática de datos satelitales.

## 9. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y/O SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

- ¿ Curso de climatología diseñado en colaboración con el LMI GREATICE, EPN, ESPE, PUCE, UTM, impartido en la UPS a través de seminarios y otros.
- ¿ Tres publicaciones indexadas: dos artículos científicos y las memorias del curso impartido en el I Congreso Internacional de las ciencias de la tierra y la construcción en la Escuela Politécnica del Ejército

## 10. IMPACTOS DEL PROYECTO

Se fortalecerá la relación con las Redes Científicas: la Red Ecuatoriana de Cambio Climático y el Nodo Regional Andino de Astronomía, a través de dos publicaciones conjuntas.  
 Un curso diseñado desde una red de Universidades, será referente del estudio del clima en Ecuador, mismo que podrá ser replicado en las instituciones participantes.  
 El estudio profundo de las causas del cáncer de piel y el estudio de la precipitación intensa vistos desde novedosos marcos teóricos, generará nuevo conocimiento de gran repercusión para la sociedad

## 11. INFORMACIÓN DE COFINANCIADORES (en caso de que existieran)

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL :	Escuela Politécnica Nacional
REPRESENTANTE LEGAL :	Alfonso Espinoza Ramón
DIRECCION :	Contáctenos Dirección: Ladrón de Guevara E11 - 253.
PAGINA WEB :	www.epn.edu.ec
E-MAIL :	rector@epn.edu.ec
TIPO :	Publico



NOMBRE O RAZÓN SOCIAL : Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
REPRESENTANTE LEGAL : Manuel Corrales Pascual  
DIRECCION : Av. 12 de Octubre 1076 y Roca  
PAGINA WEB : [www.puce.edu.ec](http://www.puce.edu.ec)  
E-MAIL : [webmaster@puce.edu.ec](mailto:webmaster@puce.edu.ec)  
TIPO : Privado

