

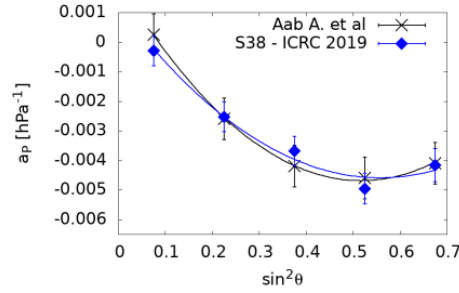
Capítulo 1

Introducción

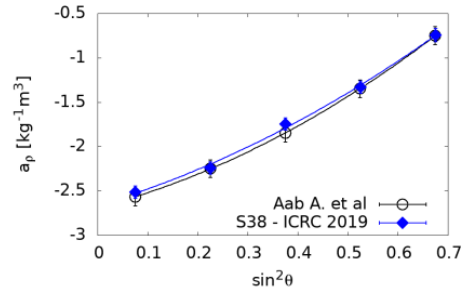
1.1. Acerca de la tesis de licenciatura

En el trabajo de tesis de licenciatura se analizaron los efectos de las variaciones de los parámetros del clima sobre el desarrollo en la atmósfera de las lluvias atmosféricas. Se analizaron datos del arreglo de detectores espaciados 1500 m entre sí, conocido como *arreglo principal*, del Observatorio Pierre Auger en el periodo 2005-2018, extendiendo así los periodos de tiempo estudiados anteriormente en los siguientes artículos [1], [2] y [3]. Se emuló los resultados de la corrección de la modulación del clima sobre el periodo 2005-2015 de la colaboración Pierre Auger [3], obteniéndose resultados compatibles. Se observó que posterior a la corrección, la modulación del clima se vio disminuida. Para eventos con energía mayor a 2 EeV, esta modulación es despreciable.

(Cambiar por un gráfico más representativo)

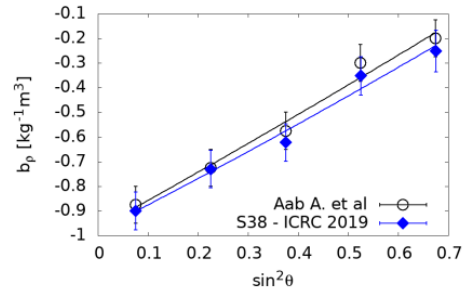


(a) Parámetro a_ρ



(b) Parámetro a_ρ

se propone la siguiente modulación, presentada en la Ec. 1.3, para la señal S que reciben los tanques

$$S = S_0(1 + \alpha_P(P - P_0) + \alpha_\rho(\rho_{media} - \rho_0) + \beta_\rho(\rho_{2h} - \rho_{media}))$$


(c) Parámetro b_ρ

En el mismo trabajo, se estudió la modulación del clima mediante el valor del S_{38} sin la corrección propuesta por trabajos anteriores. Se observó que los parámetros del clima obtenidos de estos datos son compatibles con los utilizados en la reconstrucción oficial. Se realizó una corrección a la energía mediante los coeficientes nuevos, observándose que la modulación era despreciable para energías mayores a

2 EeV.

1.2. Acerca del archivo con todos los disparos

La tesis de licenciatura fue realizado sobre los eventos medidos por el arreglo principal utilizando el disparo estándar. Este disparo tiene una eficiencia completa para eventos de energía mayor a 2,5 EeV. Por lo que el análisis del rango de energía entre 1 EeV - 2 EeV tiene una menor sensibilidad a disparar que otros rangos de energía mayor.

Para superar esta dificultad, el arreglo principal implementó a partir del año 2013 otros protocolos de disparo, llamados Mops y ToTs. Con esta mejora, la eficiencia completa se alcanza para una energía mayor a 1 EeV. De esta manera se aumenta la cantidad de eventos a estudiar en el rango 1 EeV - 2 EeV. La desventaja es que el disparo estándar tiene datos desde el año 2004 mientras que todos los disparos opera desde el año 2013.

1.3. Cálculo de Rayleigh para el análisis de anisotropía

Pesos de los hexágonos

1. Fijo un periodo a estudiar T y la cantidad de segmentos L a usar para clasificar los hexágonos.
2. Tomando en cuenta el registro de la cantidad de hexágonos 6T5 en el tiempo, cada dato se clasifica según la cantidad de horas t desde un momento de referencia t_0 , multiplicado por un factor de fase T/T_{Solar} . Es momento de referencias es el 1 de Enero del 2004 a las 00 : 00 : 00 GMT

$$h = t \times \frac{T}{T_{Solar}}$$

donde T_{Solar} el periodo asociado a la frecuencia solar, que equivale a $\sim 365,25$ días solares.

3. Para simplificar el cálculo del peso de los hexágonos, se divide las 24 horas del día en L segmentos de $1440/L$ min cada uno. Dado que el factor T/T_{Solar} podría ser mayor que 1, se toma $h' = h \bmod 24$ ¹ para posteriormente asignar al segmento correspondiente. Por ejemplo, si $L = 24$ y $h = 24,5$ hr implica que $h' = 0,5$ hr, que corresponde al primer segmento de un día.
4. A medida que voy a asignando los hexágonos 6T5 a cada segmento, voy sumando la cantidad de 6T5. Para definir el peso que tiene un segmento k en particular, primero calculo la media de hexágonos por segmento:

$$I = \sum_i^L \frac{\text{Hexágonos que cayeron en el segmento } i}{L} = \sum_{i=1}^L \frac{N_{hex,i}}{L} \quad (1.1)$$

Una vez obtenido este valor, podemos calcular el peso de segmento k , $\Delta N_{cell,k}$, como

$$\Delta N_{cell,k} = \frac{N_{cell,k}}{I} \quad (1.2)$$

En la Fig.1.1 se observa los pesos obtenidos para las frecuencias siderea, solar y antisiderea para 288 segmentos.

¹mod representa la función módulo.

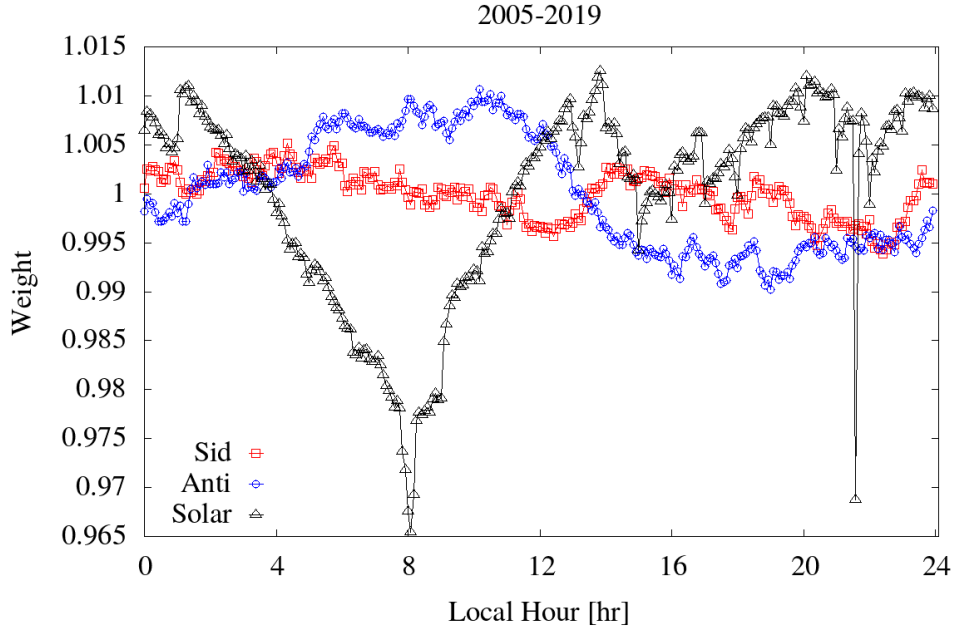


Figura 1.1: Pesos de los hexágonos en el rango 2005-2019 para distintas frecuencias.

Cálculo de Rayleigh para una frecuencia dada

1. Fijando un rango de tiempo, estudiamos una frecuencia en particular, para el cálculo consideramos el periodo T
2. Con los eventos ya filtrados, clasifico cada evento i según la hora local por un fase

$$h = (\text{hora local del evento } i) \times \frac{T}{T_{Solar}}$$

3. Este paso es parecido al paso 3 del peso de los hexágonos donde obtengo h . A diferencia que en este proceso, no es importante la cantidad de hexágonos, sino los pesos asignados a cada segmento en la sección 1.3.

Una vez que le asigno un segmento k a un evento i , el mismo pasa a tener un peso dado por:

$$\text{peso del evento } i = w_i = (\Delta N_{cell,k})^{-1}$$

4. Para el análisis en frecuencias, se necesita calcular los coeficientes de Fourier del primer armónico a y b , para este caso se calculan de la siguiente manera:

a) Por cada evento se calculan los siguientes valores:

$$a'_i = w_i \cos \left(2\pi \frac{h'}{24} + RA_i - RA_{cenit,i} \right) \quad (1.3)$$

$$b'_i = w_i \sin \left(2\pi \frac{h'}{24} + RA_i - RA_{cenit,i} \right) \quad (1.4)$$

$$(1.5)$$

b) Una vez que se obtuvieron los valores de a'_i y b'_i para todos los eventos en el rango de tiempo

estudiado, se calculan los coeficientes mediante:

$$\mathcal{N} = \sum_i^{Eventos} w_i \quad (1.6)$$

$$a = \frac{2}{\mathcal{N}} \sum_i^{Eventos} a'_i \quad b = \frac{2}{\mathcal{N}} \sum_i^{Eventos} b'_i \quad (1.7)$$

5. Con los coeficientes es posible calcular la amplitud de la frecuencia estudiada \tilde{r} y la fase ϕ . Otros parámetros calculados para el análisis son la probabilidad $P(\tilde{r})$ de que la amplitud obtenida sea producto de una variación de ruido, y el valor de amplitud r_{99} para que dicha probabilidad sea del 1 %.

$$\tilde{r} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \phi = \arctan \frac{a}{b} \quad (1.8)$$

$$P(\tilde{r}) = \exp(-\mathcal{N} \frac{\tilde{r}^2}{4}) \quad r_{99} = \sqrt{\frac{-4 \log(0,01)}{\mathcal{N}}} \quad (1.9)$$

Apéndice A

Cosas para hacer: Mails con Mollerach

Fecha: 13/05/2020

Fecha: 20/05/2020

Fecha: 27/05/2020

Fecha: 28/05/2020

- ✓ llama la atención la modulación de los hexágonos y de los pesos que pones en la tabla 1.3. Deberían tener aprox la misma amplitud y fase opuesta. Creo que están mal los valores del fit a los hexágonos, debería ser a ojo una amplitud cerca a 0.0035 y una fase cerca de 100. Igual es raro porque las curvas en el plot tienen pinta razonable. Fíjate que cuando fiteas un coseno $1+A*\cos(RA-B)$ va con menos B, así B es la fase donde la función tiene el máximo. Fíjate que si fiteas a una función con media distinta de 1, la amplitud es el factor A en $C*(1+A*\cos(RA-B))$ y no el factor A en $C+A*\cos(RA-B)$
- el test que queríamos hacer para ver si son compatibles las amplitudes de Fourier del primer armónico con y sin peso con la modulación de los pesos no estaría funcionando. La idea es que si sumas vectorialmente un vector con amplitud igual a amplitud del primer armónico sin pesos apuntando en la dirección de la fase sin pesos mas otro vector con amplitud igual a la del fit a los pesos de los eventos apuntando en la fase del máximo del coseno, el vector suma debería tener amplitud igual a la amplitud del análisis de Fourier con pesos y apuntar en la dirección de la fase de ese análisis. No se en cual de los pedazos estará el error.
- Para ir chequeando todo podrías:
 - binar los eventos en RA, por ejemplo en bins de 10 grados.
 - Plotear el número de evento en cada bin dividido la media (esta va a ser $N_{total}/36$) en función de la RA.
 - Fitearle un coseno $1+A*\cos(RA-B)$ a ese plot, te debería dar aprox lo mismo que hacer el análisis de Fourier de los eventos sin peso. Así puedes comprobar si ese análisis te está dando bien. Además es lindo hacer el plot y mostrar la distribución en RA de los eventos.
 - después haces lo mismo poniéndole los pesos a los eventos y comprobas si estás haciendo bien el análisis de Fourier con pesos.

- Me acabo de acordar que en algun momento tenias un lio con el cero de donde contar la ascension recta. Asegurate que los pesos los estas poniendo con la fase correcta, o sea que el tiempo sidereo en el que pones los hexagonos se corresponde bien con la RA del cenit del observatorio en ese momento (me parece que el problema podria venir de un corrimiento del cero, ya que eso da un error en la fase de los hexagonos)

Fecha: 09/06/2020

Hay algunas cosas, al menos de notación, que seria bueno mejorar y ver que no esten afectando los resultados.

- No cambies la notación de los papers de Auger(y la tesis de Oscar) para evitar confusiones. En particular, siguiendo la numeracion de tus puntos:
 - 1 - periodo T: aca pones el periodo en segundos de la frecuencia que quieres estudiar? por ejemplo para solar 24×3600 ? y para siderea $24 \times 3600 \times 365.25 / 366.25$?
 - ✓ 2 - hora local se entiende la hora del reloj en Malargue. Mejor usa t en vez de hora local, aclarando que es el utc del evento (no tiene que estar entre 0 y 24 hs)
 - ✓ - Parece que estas intercambiando lo que normalmente se entiende como frecuencia y lo que se entiende como periodo:
 - la frecuencia solar equivale a $\sim 365,25$ ciclos por año, y el periodo es la duracion de cada ciclo, y siempre se denoto con T, asi que seria mas correcto definir la coordenada angular asociada a cada frecuencia f_x (sol, sid, antisid,..., con periodo T_x), medida por ejemplo en horas, como $h_x = 24 (t - t_0) / T_x + h_x(t_0)$ (en tu ecuacion parece estar al reves, o sea T_x multiplicando, fijate si esta bien en el programa)
 - para el grafico de las amplitudes para distintas frecuencias no importa el valor de $h_x(t_0)$, solo que tiene que ser consistente el valor para los hexagonos y los eventos, asi que ahi eventualmente podés tomar simplemente $h_x = 24 t / T_x$ (si queres el resultado en horas, yo te aconsejaria ponerlo directamente en radianes para el analisis de Fourier, reemplazando 24 por 2π)
 - Si queres calcular la fase siderea, sí es importante que h_{sid} coincida con el right ascension, y sabemos que el right ascension del zenith vale 31.4971 grados para $t_0 = 1104537600$ sec (donde t es el UTC).
 - ✓ Del mismo modo para solar podrias ver cual es la hora solar en Malargue para un dado utc conocido (por ejemplo son las 21hs para las 0GMT de un dia particular)
 - ✓ 3 - En este punto decis que tomas el mod dado que T/T_{solar} podria ser mayor que 1 y por eso h_x podria ser mayor a 24. No importa cual sea el cociente entre los periodos, h_x siempre va a llegar a valores MUCHO mayores que 24 porque t dura varios años (tu comentario me hace preocupar si en la ecuacion para h estabas realmente poniendo la hora local, entre 0 y 24)
(esto lo estaba haciendo para el δN)
 - ✓ 4 - es confuso llamar peso w_x a la modulacion en los hexagonos, siempre se llamo w a la inversa de eso, o sea el factor de peso para los eventos. Mejor llamalo δN
- Para el analisis de Fourier valen los mismos comentarios
- Cuando tengas los resultados de solar y siderea, con y sin pesos, mandalos, despues hay que revisar que los resultados del barrido en frecuencia coincida en esos dos casos.

Apéndice B

Comentarios: Mails con Mollerach

Fecha: 13/05/2020 Comentarios:

- sobre la selección de los eventos: cuando vamos a energías bajas, por ej hasta 1 EeV, hay eventos que disparan pocas estaciones, de modo que no podemos permitir que haya estaciones apagadas cerca de la de mayor sensibilidad para asegurarnos que estamos haciendo una buena reconstrucción, o sea hay que considerar solo eventos $6T5$, toda la corona activa.
- Cuando analizamos eventos de mayores energías, en particular arriba de 4 EeV, estos hacen disparar típicamente más de 5-6 detectores, de modo que se puede permitir que uno de los detectores de la corona esté apagado sin afectar demasiado la reconstrucción, solo ahí es que se consideran los eventos $5T5$. Para calcular los coeficientes del weather, queremos los mejores eventos, así que también se usan solo los $6T5$ (no es tan importante ganar un poquito más de estadística arriba de 4 EeV para eso). El parámetro ib es el de bad period? Decís que es irrelevante porque ya filtrás esos eventos durante la selección de eventos?
- La aceptación es la eficiencia de disparo, que es casi 1 para eventos arriba de 1 EeV y hasta 60 grados cuando usamos el dataset con todos los disparos. No sé qué archivo es el energy filter Alltriggers.sh. Para qué lo usas?
- En resumen usa los cortes $6T5$ y θ_{60} para anisotropías y para weather correction. El corte de quality weather flag solo se usa para seleccionar los eventos para calcular las correcciones del weather. NO HAY que usarlo para seleccionar los datos para análisis de anisotropías. Si sacas esos eventos podés estar introduciendo efectos espurios (porque no se descartan los hexágonos en los momentos que no funcionan los registros del weather). Tal vez la corrección de weather que se les hace a esos eventos no es tan precisa como la de los demás, pero es mejor que nada.
- Ahí entiendo que ya hay algo para corregir. Los resultados nuevos son un poco raros, en siderea desapareció toda la sensibilidad cuando pones pesos 1, y después crece algo con los pesos. Revisa con los cortes bien puestos. Pone una tabla con amplitud y fase con y sin peso también.

Bibliografía

- [1] Abraham, J., Abreu, P., Aglietta, M., Aguirre, C., Ahn, E., Allard, D., *et al.* Atmospheric effects on extensive air showers observed with the surface detector of the pierre auger observatory. *Astroparticle Physics*, **32** (2), 89–99, 2009.
- [2] Abreu, P., Aglietta, M., Ahlers, M., Ahn, E., Albuquerque, I. F. d. M., Allard, D., *et al.* Description of atmospheric conditions at the pierre auger observatory using the global data assimilation system (gdas). *Astroparticle Physics*, **35** (9), 591–607, 2012.
- [3] Aab, A., Abreu, P., Aglietta, M., Al Samarai, I., Albuquerque, I., Allekotte, I., *et al.* Impact of atmospheric effects on the energy reconstruction of air showers observed by the surface detectors of the Pierre Auger Observatory. *Journal of Instrumentation*, **12** (02), P02006, 2017.

