

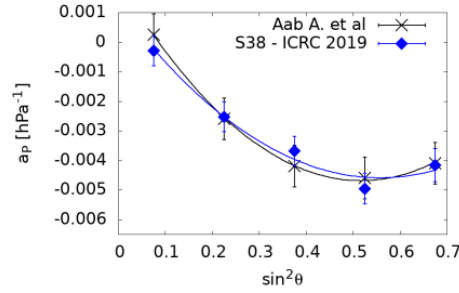
Capítulo 1

Introducción

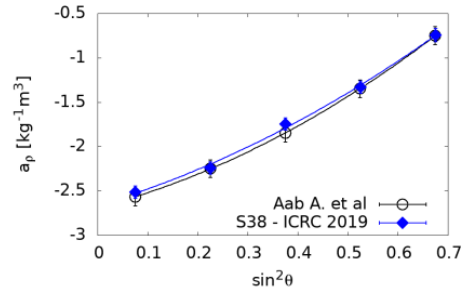
1.1. Acerca de la tesis de licenciatura

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)

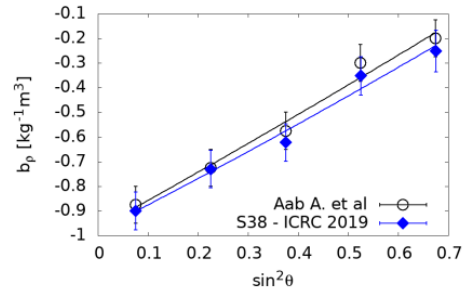


(a) Parámetro a_ρ



(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. Considerando una frecuencia a estudiar f , por ejemplo para la frecuencia solar $f_{Solar} = 365,25$ ciclos en un año.
2. Existe un registro del Observatorio de los hexágonos 6T5, cada dato se clasifica según la cantidad de horas t desde un momento de referencia t_0 . Esta referencias es el 1 de Enero del 2004 a las 00 : 00 : 00 GMT, o 21 : 00:00:00 GMT0 : 00 GMT-3, hora local de Malargüe.
3. Podemos asociar una coordenada angular, medida en horas, a t y f de la siguiente manera

$$h = t \times \frac{f}{f_{Solar}}$$

El factor f/f_{Solar} sirve para hacer un escaleo para reflejar la razón en frecuencia. Se usa como referencia la f_{Solar} dado que las horas (solares) se basan en esta frecuencia.

4. Para simplificar el cálculo del peso de los hexágonos, se divide las 24 horas en L segmentos de $24/L$ hrs cada uno. Para clasificar un dato se toma el valor h y se calcula

$$h' = h \bmod 24 \quad (1.1)$$

donde la función *mod* representa la función módulo. Luego con el valor de h' se asigna al dato con el segmento k correspondiente.

$$k = \left\lceil \frac{h'}{24} \times L \right\rceil \quad (1.2)$$

Por ejemplo, si $L = 24$ y $h = 44,5$ hr implica que $h' = 14,5$ hr, que corresponde al segmento en la 15ª posición.

5. Una vez clasificado todos los datos del registro de hexágonos, se calcula la suma $N_{hex,j}$ de los eventos que cayeron un segmento dado j .
6. Para definir el peso que tiene un segmento k en particular, se necesita la media de hexágonos por segmento:

$$I = \sum_{i=1}^L \frac{N_{hex,i}}{L} \quad (1.3)$$

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

$$\Delta N_{cell,k} = \frac{N_{cell,k}}{I} \quad (1.4)$$

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

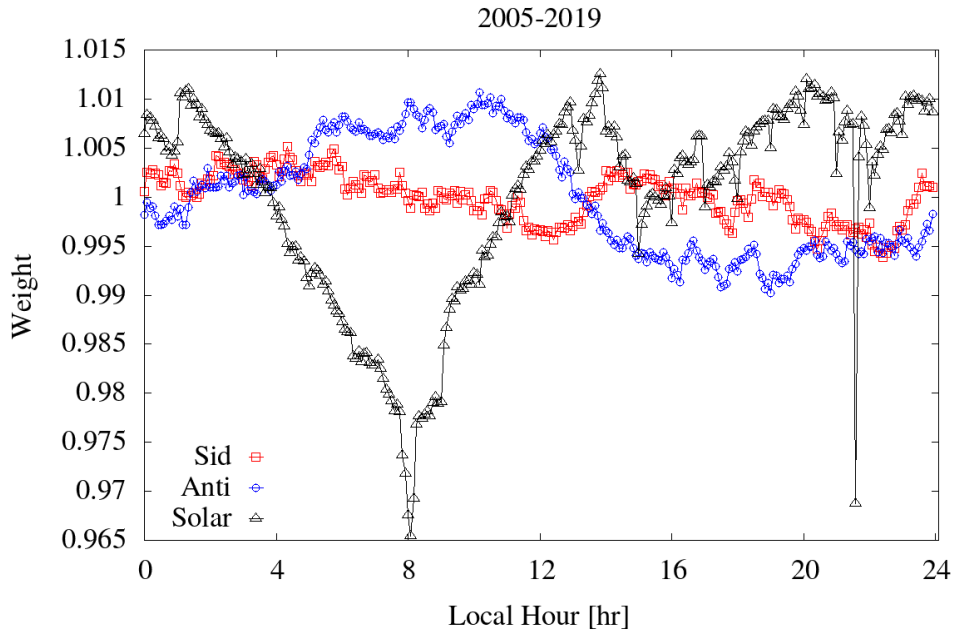


Figura 1.1: Pesos de los hexágonos en el rango 2005-2019 para distintas frecuencias.

Cálculo de Rayleigh para una frecuencia dada

1. Fijando un rango de tiempo y un rango de energía en el cual se desea estudiar la anisotropía, definimos una frecuencia en particular f .
2. Con los eventos ya filtrados según el criterio de la Tabla (agregar referencia), asigno cada evento i un valor h_i , definida en la Ec.3
3. Para asignar el peso correspondiente al evento, se asocia a un segmento k , calculado en la sección 1.3, mediante el valor de h'_i definido en la Ec. 1.1. Luego, el peso asignado w_i es

$$w_i = (\Delta N_{cell,k})^{-1}$$

4. Para el análisis en frecuencias, a partir del valor de h_i se asigna un ángulo $\tilde{\alpha}_i$ como:

$$\tilde{\alpha}_i = 2\pi \frac{h}{24} + \alpha_i - \alpha_{cenit,i} \quad (1.5)$$

donde α_i representa la ascensión recta del evento y $\alpha_{cenit,i}$ la ascensión recta en el cenit del observatorio en el momento del evento. A partir de este ángulo $\tilde{\alpha}_i$ se realiza en análisis.

5. Para calcular los coeficientes de Fourier del primer armónico a y b , se siguen los siguiente pasos:

a) Por cada evento i se calculan los siguientes valores:

$$a'_i = w_i \cos \tilde{\alpha}_i \quad (1.6)$$

$$b'_i = w_i \sin \tilde{\alpha}_i \quad (1.7)$$

$$(1.8)$$

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:

$$\mathcal{N} = \sum_i^{Eventos} w_i \quad (1.9)$$

$$a = \frac{2}{\mathcal{N}} \sum_i^{Eventos} a'_i \quad b = \frac{2}{\mathcal{N}} \sum_i^{Eventos} b'_i \quad (1.10)$$

6. 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 %.

$$\tilde{r} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \phi = \arctan \frac{a}{b} \quad (1.11)$$

$$P(\tilde{r}) = \exp(-\mathcal{N} \frac{\tilde{r}^2}{4}) \quad r_{99} = \sqrt{\frac{-4 \log(0,01)}{\mathcal{N}}} \quad (1.12)$$

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 atencion la modulacion de los hexagonos y de los pesos que pones en la tabla 1.3. Deberian tener aprox la misma amplitud y fase opuesta. Creo que estan mal los valores del fit a los hexagonos, deberia 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. Fijate que cuando fiteas un coseno $1+A*\cos(RA-B)$ va con menos B, asi B es la fase donde la funcion tiene el maximo. Fijate que si fiteas a una funcion 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 queriamos hacer para ver si son compatibles las amplitudes de Fourier del primer armonico con y sin peso con la modulacion de los pesos no estaria funcionando. La idea es que si sumas vectorialmente un vector con amplitud igual a amplitud del primer armonico sin pesos apuntando en la direccion 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 maximo del coseno, el vector suma deberia tener amplitud igual a la amplitud del analisis de fourier con pesos y apuntar en la direccion de la fase de ese analisis. No se en cual de los pedazos estara el error.
- Para ir chequeando todo podrias:
 - binear los eventos en RA, por ejemplo en bins de 10 grados.
 - Plotear el numero de evento en cada bin dividido la media (esta va a ser $N_{total}/36$) en funcion de la RA.
 - Fitearle un coseno $1+A*\cos(RA-B)$ a ese plot, te deberia dar aprox lo mismo que hacer el analisis de Fourier de los eventos sin peso. Asi podes comprobar si ese analisis te esta dando bien. Ademas es lindo hacer el plot y mostrar la distribucion en RA de los eventos.
 - despues haces lo mismo poniendole los pesos a los eventos y comprobas si estas haciendo bien el analisis 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.

- - ✓ 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

$$h_x = 24 \frac{t-t_0}{T_x} + h_x(t_0)$$
 (en tu ecuacion parece estar al revés, 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 podes tomar simplemente $h_x = 24t/T_x$ (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).
- 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.

