Índice de contenidos

Índice de contenidos v

Índice de figuras ix

Índice de tablas xiii

Resumen xvii

Abstract xxi

1. Introducción 1

2. Rayos Cósmicos 5

2.1. Espectro de energías y composición 5

2.2. Fuentes y mecanismos de aceleración de los RCs 11

2.3. Lluvias atmosféricas extendidas 14

3. El observatorio Pierre Auger 23

3.1. Descripción del observatorio 23

3.1.1. El Detector de superficie 24

3.1.2. El Detector de fluorescencia 27

3.2. Reconstrucción de los eventos del SD 28

3.2.1. Geometría de la lluvia 28

3.2.2. Función de distribución lateral 29

3.2.3. Dirección de llegada de la lluvia 30

3.2.4. Calibración de la energía 31

3.2.5. Reconstrucción de lluvias inclinadas 32

3.3. Mejoras al observatorio Pierre Auger 35

3.3.1. Arreglo SD 750 35

3.3.2. Telescopios de gran elevación 35

3.4. Principales resultados 36

3.4.1. Espectro de energías 36

3.4.2. Composición de masa 38
3.4.3. Interpretación de la composición de masa y el espectro 40
3.4.4. Búsqueda de neutrinos y fotones 42
3.4.5. Test de las interacciones hadrónicas a ultra-altas energías 43
3.4.6. Direcciones de arribo 45

4. Efectos de las condiciones atmosféricas en la reconstrucción de la energía de las lluvias extendidas en el observatorio Pierre Auger 49

4.1. Introducción 49
4.2. Los datos 50
4.3. Determinación de los coeficientes que describen las modulaciones en la tasa de eventos por efectos del clima 52
4.3.1. Resultados para el arreglo SD 1500 56
4.3.2. Resultados para el arreglo SD 750 59
4.4. Efectos en la reconstrucción de la energía 60

5. Anisotropías a gran escala en las direcciones de arribo de los rayos cósmicos de alta energía 65

5.1. Introducción 65
5.2. Métodos de análisis 66
5.2.1. Exposición direccional del detector 66
5.2.2. Eficiencia de detección y los efectos atmosféricos 69
5.2.3. Análisis de Fourier en ascensión recta y azimut 72
5.2.4. Reconstrucción del dipolo y cuadrupolo 74
5.2.5. Método Este-Oeste 78
5.2.6. Método de los armónicos esféricos 81
5.3. El conjunto de datos 83
5.3.1. Criterio de selección de disparo 85
5.4. Resultados 87
5.4.1. Análisis en frecuencia solar, anti-sidérea y otras frecuencias . . . 87
5.4.2. Primer y segundo armónico en ascensión recta 89
5.4.3. Primer y segundo armónico en azimut 92
5.4.4. Reconstrucción del dipolo tridimensional 92
5.4.5. Reconstrucción de dipolo más cuadrupolo 93
5.4.6. Expansión multipolar 95
5.4.7. Dependencia del dipolo con la energía 95
5.4.8. Dipolo en el plano ecuatorial desde 0.03 EeV hasta $E \geq 32$ EeV 98
5.5. Implicaciones para el origen de los rayos cósmicos de alta energía 101

6. Efectos del campo magnético galáctico en las anisotropías a gran escala de los rayos cósmicos **105**
6.1. Introducción 105
6.2. Escenario de fuentes de rayos cósmicos de origen galáctico 108
6.2.1. Dirección del dipolo 110
6.3. Escenario de fuentes extra-galácticas 112
6.3.1. Flujo extra-galáctico dipolar 112
6.3.2. Distribución no homogénea de fuentes 115

7. Conclusiones **131**

A. Sistemas de coordenadas celestes **135**
A.1. Coordenadas Locales 135
A.2. Coordenadas Ecuatoriales 136
A.3. Coordenadas Galácticas 137
A.4. Transformaciones 137

B. Retardo temporal en la modulación de la temperatura de la atmósfera arriba del nivel del suelo **141**

C. Chequeo de efectos sistemáticos en los eventos 5T5 **143**
C.1. Distribución azimutal de la estación faltante 143
C.2. Sesgo en la estimación de la energía de eventos 5T5 artificiales 145
C.3. Reconstrucción del ángulo cenital 147
C.4. Resultados del análisis armónico para el subconjunto de eventos 5T5 . . 147

D. Intervalos de confianza y cotas superiores **149**
D.1. Intervalos de confianza de variables Gaussianas 149
D.2. Distribución angular isótropa 150
D.2.1. Dos dimensiones 150
D.2.2. Tres dimensiones 151
D.3. Distribución angular con dipolo 152
D.3.1. Dos dimensiones 152
D.3.2. Tres dimensiones 152

Publicaciones asociadas **165**