

1

INTRODUCCIÓN

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC) [1] es el colisionador de partículas más potente jamás construido. Está diseñado para colisionar protones a una energía de centro de masa máxima de $\sqrt{s} = 14$ TeV, dando inicio a la siguiente era en la búsqueda de nueva física y en el entendimiento acabado de las teorías vigentes. Cuatro experimentos principales han sido instrumentados a lo largo de sus 27 km de longitud: ATLAS, CMS, ALICE y LHCb. Entre sus objetivos primordiales se encuentra develar la naturaleza del rompimiento espontáneo de la simetría electrodébil, vía la observación del bosón de Higgs, y de otras partículas asociadas con posibles extensiones del Modelo Estándar (SM). En el caso de colisiones hadrónicas, la producción de estas nuevas partículas, así como los numerosos procesos del SM que actúan como fondo (ir)reducible para su detección, está dada por la interacción de los constituyentes de los hadrones iniciales. Así, para alcanzar el máximo potencial del LHC es esencial un entendimiento sólido de la interacción fuerte entre quarks y gluones, y de su descripción en el marco de la cromodinámica cuántica (QCD) [2].

La producción de fotones directos, tema central de esta tesis, brinda una oportunidad única de probar las predicciones de QCD en el régimen perturbativo (pQCD) y de las funciones de distribución partónica (PDFs) a las energías del LHC, según las predicciones de las ecuaciones de evolución DGLAP [3–5]. Ya a LO, el mecanismo de producción dominante ($qg \rightarrow \gamma q$) involucra un gluón en el estado inicial, por lo que se tiene una sensibilidad directa al contenido gluónico del protón. La presencia de fotones en el estado final ofrece ciertas ventajas —experimentales y teóricas— sobre otras medidas de QCD (i.e. con producción de *jets*). El hecho de que los fotones no hadronicen, por ejemplo, permite una unívoca definición de los mismos y una precisa determinación de su energía tanto a nivel partónico como del detector, libre de las incertezas asociadas a la definición algorítmica (no absoluta) de los *jets*. Además, la relevancia del estudio de estos procesos radica en el hecho que constituyen una de las fuentes de fondo dominante en importantes búsquedas de nueva física, dentro del SM (e.g. el bosón de Higgs [6]) o más allá del mismo (e.g. supersimetría (GMSB) [7], gravitones de Randall-Sundrum [8] y modelos de dimensiones

Introducción

extra [9]).

En esta tesis, se presenta la más reciente medida de la sección eficaz de producción de fotones directos aislados en colisiones pp a $\sqrt{s} = 7$ TeV, con los datos colectados por ATLAS durante todo el año 2010 (35 pb^{-1}) [10]. El análisis ha sido definido en la región de energía transversa $45 \leq E_T < 400$ GeV y pseudorapidez $|\eta| < 2.37$, complementando la primera medida de ATLAS realizada con 880 nb^{-1} [11], en el rango de más baja E_T ($15 \leq E_T < 100$ GeV, $|\eta| < 1.81$).

Primeramente, en el Capítulo 2, se introducen las bases del formalismo teórico para la descripción de la producción de fotones directos aislados en colisiones hadrónicas en el marco de la cromodinámica cuántica (QCD), y la implementación de la misma en los distintos generadores Monte Carlo. Se discuten luego las principales motivaciones para el estudio de estos procesos, junto a una revisión histórica de los resultados experimentales obtenidos hasta el momento. En el Capítulo 3, se describen las características principales del LHC y del detector ATLAS, especialmente dedicado al detector de trazas y al sistema calorimétrico, aquellos de particular relevancia para este análisis. En el capítulo siguiente se detallan las muestras de datos y de simulaciones MC utilizadas en este trabajo, así como la preselección de eventos aplicada en ambos casos. La reconstrucción e identificación de fotones en ATLAS se describe en el Capítulo 5. Allí también se discute la definición de los criterios de aislamiento y el impacto de los mismos en la medida y en su comparación con las predicciones teóricas. Los Capítulos 6 y 7 están dedicados a la estimación de las eficiencias de trigger, reconstrucción e identificación, y a la estimación del fondo remanente en la muestra final, respectivamente. Las incertezas sistemáticas son tratadas en detalle en cada caso, analizando el efecto de cada una en la selección de fotones directos aislados y la existencia de correlación entre ellas. En el Capítulo 8 se discute el método de determinación experimental de la sección eficaz diferencial de producción, la deconvolución de los efectos del detector y de las contribuciones no perturbativas en el espectro observado, y las predicciones teóricas a partir de los cálculos a NLO. Se presentan aquí los resultados finales de la medida de la sección eficaz de producción de fotones directos aislados y la comparación de los mismos con la teoría. Se analiza luego el impacto teórico y experimental del trabajo de esta tesis y de los métodos y definiciones desarrollados durante el mismo, describiendo los estudios realizados sobre la sensibilidad de la parametrización de la función de distribución gluónica a la inclusión de los resultados de esta medida y sobre la extensión de la misma al análisis de la producción exclusiva de fotones directos en asociación con jets. Finalmente, se discute brevemente la plausible evolución del presente análisis y se presentan los resultados preliminares de la extensión del mismo incluyendo todos los datos colectados por ATLAS durante el 2011. Las conclusiones globales de esta tesis se presentan en el Capítulo 9.