Manuel Barrueco, nato a Santiago de Cuba, iniziò a suonare ad orecchio la chitarra a otto anni e frequentò poi il Conservatorio Esteban Salas nella sua città natale. Trasferitosi negli USA nel 1967, continuò gli studi a Miami e a New York ed entrò al Peabody Conservatory di Baltimora, dove fu il primo chitarrista a vincere la Peabody Competition e dove oggi insegna. Barrueco è riconosciuto in tutto il mondo come uno dei più importanti chitarristi, apprezzato per la maestria tecnica e per la straordinaria musicalità, dotata di un suono seducente e doti liriche non comuni.

La sua intensa attività internazionale lo vede suonare nelle più importanti capitali della musica: New York, Los Angeles, Chicago, Londra, Monaco di Baviera, Madrid, Barcellona, Berlino, Vienna, Amsterdam, Copenhagen, Atene, Seul, Taipei, Singapore, Hong Kong, Milano, Roma. E' già stato 12 volte in tournée in Giappone. Barrueco ha suonato fra l'altro con l'Orchestra della BBC ai Proms di Londra e con la Royal Philharmonic Orchestra a Madrid per celebrare i cento anni dalla nascita di Joaquin Rodrigo.

Nel 2003 ha suonato negli Stati Uniti la prima esecuzione di un nuovo Concerto di Roberto Sierra a lui dedicato con la New World Symphony e suona regolarmente con la Philadelphia Orchestra, la Baltimore Symphony, l'Indianapolis Symphony, la Dallas Symphony Orchestra,ecc. Con la Boston Symphony sotto la direzione di Seiji Ozawa ha eseguito la première americana di To the Edge of Dream di Toru Takemitsu. E' stato inoltre in tournée negli USA in duo con il celebre chitarrista jazz Al Di Meola.

Barrueco ha registrato in esclusiva per EMI una dozzina di dischi. Il suo disco "Cuba!" è stato definito "uno straordinario risultato musicale" dal San Francisco Chronicle, mentre l'incisione del "Concierto de Aranjuez" di Rodrigo con Placido Domingo come direttore e la Philharmonia Orchestra è stata definita "la migliore registrazione di quest'opera" da "Classic CD Magazine". Il suo cd "Nylon & Steel" con il jazzista Al Di Meola, Steve Morse dei Deep Purple e Andy Summers dei Police, ed è un'ennesima dimostrazione della sua grande versatilità .

La sua più recente incisione "Concierto Barroco" ha ricevuto il Latin Grammy nella categoria "Best Classical Recording". Nel 2007 Barrueco aveva già ottenuto un Grammy come "Migliore esecuzione solistica" per il suo "Solo Piazzolla". I suoi concerti sono stati trasmessi da numerose televisioni in tutto il mondo: dalla NHK in Giappone, dalla Bayerische Rudfunk in Germania, dalla RAI in Italia e via satellite e dalla RTVE spagnola. Negli Stati Uniti Barrueco ha preso parte a numerose trasmissioni televisive . Il documentario biografico "Manuel Barrueco: Un Dono e una Vita" è stato trasmesso in tutti gli USA.

Manuel Barrueco ha suonato fra l'altro sotto la direzione Seiji Ozawa, Esa-Pekka Salonen, Franz Welser-Möst e David Zinman, e il suo interesse all'arricchimento del repertorio chitarristico lo ha portato a collaborare con compositori contemporanei quali Arvo Pärt, Roberto Sierra, Steven Stucky, Toru Takemitsu, la cui ultima composizione orchestrale Spectral Canticle è un doppio concerto scritto appositamente per Barrueco e per il violinista Frank Peter Zimmerman.

La stagione in corso vede Barrueco impegnato come artista in residence al Conservatorio di Musica di Puerto Rico e in recitals negli USA, Canada, Germania, Spagna, Messico, Islanda e Italia.

Nel dicembre 2011 Manuel Barrueco è stato insignito del prestigioso premio "United States Artists Fellowship for Artistic Excellence".