

Presentazione del Dott. Oscar Ignacio Barragán Villanueva
Dottorato di Ricerca in Fisica - XXXI Ciclo
Università degli Studi di Torino

Dottorando: Oscar Ignacio Barragán Villanueva

Relatore: Davide Gandolfi

Titolo della tesi:

Unveiling the Nature of Faraway Worlds: Intensive characterisation of K2 transiting exoplanets

Durante il triennio di dottorato il Dott. Oscar Ignacio Barragán Villanueva ha seguito e sostenuto l'esame relativo ai seguenti corsi della Scuola:

- “Data Analysis Techniques”, Luciano Ramello, 24 ore.
- “Search and characterization for extrasolar planets”, Alessandro Sozzetti, 12 ore.
- “High energy astrophysics”, Massaro Ferrari, 20 ore.
- “Introduction to Radio Interferometry and ALMA”, Elisabetta Liuzzo, 12 ore.
- “Cherenkov detectors for particle and astroparticle physics”, Umberto Tamponi, 16 ore.

L'attività di ricerca di Oscar ha riguardato lo studio e la caratterizzazione di un numero considerevole di “esopianeti transitanti” individuati dalla missione spaziale della NASA *K2*. Le osservazioni fotometriche di un transito planetario permettono di misurare il raggio del pianeta. Dati complementari di velocità radiale consentono di determinare la massa del pianeta. La conoscenza del raggio e della massa di un pianeta – e pertanto della sua densità media – fornisce informazioni molto preziose sulla composizione, struttura interna, formazione ed evoluzione del pianeta.

Le osservazioni fotometriche effettuate dallo spazio con il telescopio della NASA *Kepler* hanno dimostrato come i pianeti di piccole dimensioni ($R < 4 R_{\oplus}$, ovvero non più grandi di Nettuno) siano molto comuni nella nostra Galassia. Tuttavia le stelle osservate da *Kepler* sono generalmente poco luminose e non permettono di effettuare le osservazioni spettroscopiche complementari volte a misurare la massa di questi oggetti, limitando le nostre conoscenze

sui pianeti di piccole dimensioni. La missione spaziale *K2* sta al momento osservando stelle più brillanti di quelle osservate da *Kepler*. Questo rappresenta un grosso vantaggio per il follow-up spettroscopico.

Oscar ha combinato la fotometria ottenuta dallo spazio con misure di velocità radiale di alta precisione al fine di determinare sia i parametri orbitali, che i raggi, le masse e le densità dei pianeti individuati dalla missione *K2*. Oscar ha condotto diverse campagne osservative tra il 2016 ed il 2018, sia in Cile che alle isole Canarie, usando spettrografi “ultra stabili” (~ 1 m/s), acquisendo una notevole esperienza nell’osservazione spettroscopica ad alta risoluzione di pianeti transitanti.

Grazie alla determinazione del raggio e della massa, Oscar ha studiato la struttura interna dei pianeti ed ha potuto stabilire se questi sono circondati da un atmosfera o se sono i “core nudi” di pianeti gassosi che hanno perso la loro atmosfera a causa di fenomeni di foto-evaporazione legati alla radiazione stellare incidente. Oscar ha altresì posto dei vincoli sui possibili percorsi di formazione e migrazione dei pianeti studiati.

Le osservazioni, l’analisi e lo studio condotto da Oscar hanno permesso di determinare la massa di circa 20 pianeti individuati dalla missione *K2*. Questo rappresenta circa un terzo dei pianeti *K2* di cui si conoscono ad oggi sia la massa che il raggio. Il lavoro svolto da Oscar ha permesso di popolare il diagramma massa-raggio nel regime dei pianeti di piccole dimensioni, e di scoprire e caratterizzare pianeti attorno a stelle brillanti – pietre miliari per eventuali osservazioni successive volte allo studio delle atmosfere planetarie.

Durante la sua attività di ricerca Oscar ha mostrato delle spiccate capacità di programmazione ed una sorprendente autonomia, assieme a delle eccellenti doti di analisi ed interpretazione dei risultati, ed un notevole grado di maturità e senso critico.

Conosco Oscar dall’Ottobre 2015, da quando ha cominciato il Dottorato di ricerca presso il Dipartimento di Fisica. Ricordo il nostro primo incontro nel mio ufficio. Benchè allora Oscar non avesse ancora un’ampia conoscenza dello studio degli esopianeti, ricordo che rimasi estremamente colpito dalle sue capacità di programmazione. Gli descrissi il progetto di ricerca e lui si mostrò subito estremamente interessato. Mi fece diverse domande molto intelligenti, che mi fecero subito capire che aveva un grosso potenziale. Nei giorni successivi, Oscar si documentò da solo, facendo una ricerca bibliografica meticolosa e pertinente all’argomento di ricerca, senza che io gli dovessi consigliare quali articoli leggere. Rimasi davvero colpito dal suo entusiasmo, dalla sua curiosità e dalla sua continua voglia di apprendere ed accettare nuove sfide.

Al nostro primo incontro chiesi ad Oscar di scrivere un codice che usasse la statistica Bayesiana per analizzare le serie temporali fotometriche e le misure di velocità radiale. Impiegò solo 2 mesi per scrivere autonomamente la prima bozza del codice – circa 3000 linee di codice. Non mi vergogno ad ammettere che avrei avuto bisogno di molto più tempo! Unendo assieme le parole *Python* e *pianeti*, Oscar chiamò il codice *pyaneti*. Il codice di Oscar è uno strumento molto potente e di facile utilizzo, che permette di determinare i parametri dei sistemi planetari usando un approccio Bayesiano ed i metodi Monte Carlo basati su Catene di Markov. *pyaneti* combina l’efficienza computazionale di *Fortran* con la versatilità di *Python* e la parallelizzazione di *OpenMP*. Il codice è “open-source” ed è stato ampiamente usato dai nostri collaboratori in circa 30 articoli referati ed apprezzato dalla comunità scientifica per la sua versatilità e robustezza. Il codice è stato presentato in un articolo referato in una nota rivista ad alto “impact factor” (Barragán, Gandolfi & Antoniciello 2018, MNRAS, [arXiv:1809.04609](https://arxiv.org/abs/1809.04609)).

Oscar è un membro molto attivo del consorzio *KESPRINT* – un team di oltre 40 ricercatori europei, americani e giapponesi – il cui obiettivo principale è lo studio di pianeti transitanti individuati grazie all’analisi di dati raccolti dalla missione spaziale *K2*. Oscar ha dato un contributo molto significativo e fondamentale all’analisi dei sistemi multi-pianeta scoperti dal nostro team. Come membro del consorzio *KESPRINT*, Oscar ha sviluppato l’abilità di trarre giovamento dallo sforzo congiunto derivante dal lavorare in un team così internazionale, e allo stesso tempo gestire in modo indipendente i suoi progetti scientifici ed organizzare il suo lavoro.

Oscar ha al momento più di 30 articoli referati pubblicati in meno di 3 anni. La rapidità con cui l’intera collaborazione è stata capace di analizzare i dati e pubblicare i risultati è intimamente legato al lavoro immenso e continuo profuso da Oscar in questi tre anni di Dottorato. Oscar è il primo autore di 4 articoli referati e pubblicati su riviste al alto “impact factor” (AJ, MNRAS, A&A; vedi sotto). Gli articoli riportano la scoperta e la caratterizzazione di pianeti transitanti che abbracciano un ampio spettro dello spazio dei parametri: dai giganti gassosi con periodo orbitale di circa un mese, a “Nettuniani caldi” e “super Terre” con periodo orbitale inferiore ad un giorno.

Lavorando a stretto contatto con Oscar, ho avuto il piacere di apprezzare la sua mente davvero creativa, la sua infinita passione, il grande impegno nella ricerca e la sua naturale capacità di lavorare fruttuosamente all’interno di un team. Oscar è un giovane ricercatore molto talentuoso, brillante, appassionato, efficiente, energico e motivato. Una vera eccellenza giovane di spicco.

Un’unica pecca: sono molto triste che lascerà a breve il nostro Dipartimento. Vorrei tanto avere dei fondi disponibili per assumerlo.

Per concludere, apprezzo moltissimo il lavoro eccellente ed unico svolto dal Oscar e la qualità eccelsa della sua tesi e della ricerca scientifica in essa descritta. Ritengo senza ombra di dubbio che sia meritevole della massima considerazione da parte del Commissione di Dottorato.

Torino, 22 Settembre 2018

Il tutore
Prof. Davide Gandolfi

Firma

A handwritten signature in black ink that reads "Davide Gandolfi". The signature is written in a cursive style with a prominent initial 'D' and a long, sweeping tail on the 'i'.

Partecipazione a scuole e conferenze

- **HARPS-N 5 years meeting**, February, 2018, Telescopio Nazionale Galileo, La Palma, Spain, talk: “Unveiling the nature of K2 exoplanets with HARPS-N”.
- **KESPRINT Science Team Meeting 2018**, January, 2018, Istituto de Astrofisica de Canarias, La Laguna, Spain.
- **Transiting exoplanets**, July, 2017, University of Keele, UK, talk: “Properties of small transiting exoplanets from the KESPRINT consortium”.
- **2nd Advanced School on Exoplanetary Science**, May, 2017, Vietri, Italy, poster: “The KESPRINT consortium: exploring the diversity of exoplanets”.
- **GAPS 2.0 Working Group Meeting**, January 2017, Rome, Italy.
- **Exoplanets I**, July 2016, Davos, Switzerland, International, Poster: “EPIC 211391664 b: A massive Neptune-size planet in a 10-day orbit around an F-type star”.
- **“Brave New Worlds” school**, May 2016, Lake Como School of Advanced Studies, Como, Italy, talk: “Pyaneti: A fast and easy-to-use software suite to fit radial velocity and transit data”.

Visite e stages

- **Invited talk and visit**. Onsala Space Observatory, Onsala, Sweden, Jun 4 - 23, 2018. Title: “Unveiling The Nature Of Faraway Worlds: Intensive Characterization of K2 Transiting Extrasolar Planets”.
- **Invited talk**. European Southern Observatory, May, 2018, ESO Vitacura, Santiago, Chile. Title: “Unveiling The Nature Of Faraway Worlds: Intensive Characterization of K2 Transiting Extrasolar Planets”.
- **Observations** at La Silla Observatory, Chile. May 10-14, 2018.
- **Observations** at La Silla Observatory, Chile. April 10-14, 2018.
- **Observations** at La Silla Observatory, Chile. March 13-17, 2018.

- **Observations** at Roque de los Muchachos Observatory, Spain. February 03 - February 05, 2018.
- **Visit.** Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife, Spain, Jan 31 - February 02, 2018 and February 05 - 08, 2018.
- **Observations** at La Silla Observatory, Chile. August 18-27, 2017.
- **Observations** at La Silla Observatory, Chile. November 21-29, 2016.
- **Observations** at La Silla Observatory, Chile. April 29 - May 03, 2016.
- **Observations** at Roque de los Muchachos Observatory, Spain. January 30 - February 02, 2016.

Elenco delle pubblicazioni

1. **Barragán O.** et al., 2018, *K2-141 b: A 5- M_{\oplus} super-Earth transiting a K7 V star every 6.7 hours*, [A&A](#), **612**, A95.
2. **Barragán O.** et al., 2018, *K2-139 b: a low-mass warm Jupiter on a 29-day orbit transiting an active K0 V star*, [MNRAS](#), **475**, 1765.
3. **Barragán O.**, et al., 2016, *K2-98 b: A 32- M_{\oplus} Neptune-sized planet in a 10-day orbit transiting an F8 star*, [AJ](#), **152**, 6.
4. **Barragán O.**, Gandolfi D., & Antoniciello G., 2018, *pyaneti: a fast and powerful software suite for multi-planet radial velocity and transit fitting*, [MNRAS](#), in press ([arXiv:1809.04609](#)).
5. **Barragán O.** & Gandolfi D., 2017, [Exotrendig](#), [ascl:1706.001](#).
6. Álvarez-Meraz R., Nagel E., Rendón F. & **Barragán O.**, 2016, *Effects of planetary mass accretion in protoplanetary disks: the structures formation*, [RMxAA](#), **307**, 275.
7. Fridlund M., Gaidos E., **Barragán O.**, et al., 2017, *K2-111 b - A short period super-Earth transiting a metal poor, evolved old star*, [A&A](#), **604**, A16.
8. Gandolfi D., **Barragán O.**, et al, 2017, *The transiting multi-planet system HD3167: a 5.7 M_{\oplus} Super-Earth and a 8.3 M_{\oplus} mini-Neptune*, [AJ](#), **154**, 123.

9. Gandolfi D., **Barragán O.**, et al, 2018, *TESS's first planet: a super-Earth transiting the naked-eye star π Mensae*, A&A Letters, in press. ([arXiv:1809.07573](#)).
10. Guenther E. W., **Barragán O.**, et al., 2017, *K2-106, a system containing a metal rich planet and a planet of lower density*, *A&A*, **608**, [A93](#).
11. Livingston J., Endl M., Dai F., Cochran W. D., **Barragán O.**, et al., 2018, *44 Validated Planets from K2 Campaign 10*, *AJ*, **156**, [78](#).
12. Nespral D., Gandolfi D., Deeg, H. J., Borsato, L., Fridlund M. C. V., **Barragán O.**, et al. 2016, *Mass determination of K2-19b and K2-19c from radial velocities and transit timing variations*, *A&A*, **601**, [A128](#).
13. Niraula P., Redfield S., Dai F., **Barragán O.**, 2017, *Three Super-Earths Transiting the nearby star GJ 9827*, *AJ*, **154**, [266](#).
14. Palte E., Nowak G., Luque R., Hidalgo D., **Barragán O.** et al., 2018, *Detection and Doppler monitoring of EPIC 246471491, a system of four transiting planets smaller than Neptune*, A&A, submitted, ([arXiv:1808.00575](#)).
15. Pearson C. M., Fridlund M., **Barragán O.**, et al., 2018, *An 8 M_{\oplus} super-Earth in a 2.2 day orbit around the K5V star K2-216*, *A&A*, **18**, [A33](#).
16. Prieto-Arranz J., Palte E., Gandolfi D., **Barragán O.**, et al., 2018, *Mass determination of the 1:3:5 near-resonant planets transiting GJ 9827 (K2-135)*, A&A, in press., ([arXiv:1802.09557](#)).
17. Johnson M. C. et al. (including **Barragán O.**), 2018, *K2-260b: a likely misaligned hot Jupiter, and K2-261b: a warm Saturn around a bright star*, *MNRAS*, **481**, [596](#).
18. Van Eylen V., et al. (including **Barragán O.**), 2018, *HD 89345: a bright oscillating star hosting a transiting warm Saturn-sized planet observed by K2*, *MNRAS*, **478**, [4866](#).
19. Hiranu T., (including **Barragán O.**). 2018, *K2-155: A Bright Metal-Poor M Dwarf with Three Transiting Super-Earths*, *AJ*, **155**, [124](#).
20. Hiranu T., (including **Barragán O.**). 2018, *Exoplanets around Low-mass Stars Unveiled by K2*, *AJ*, **155**, [127](#).

21. Livingston J., (including **Barragán O.**). 2017, *Three Small Planets Transiting a Hyades Star*, [AJ](#), **155**, 115.
22. Smith et al., (including **Barragán O.**) 2017, *K2-137b: an Earth-sized planet in a 4.3-hour orbit around an M-dwarf*, [MNRAS](#), **474**, 5523.
23. Dai et al., (including **Barragán O.**), 2017, *The discovery and mass measurement of a new ultra-short-period planet: K2-131b*, [AJ](#), **154**, 226.
24. Nowak G., Palle E., Gandolfi D., Dai F., Lanza A. F., Hirano T., **Barragán O.** et al., 2017, *EPIC 219388192 b - an inhabitant of the brown dwarf desert in the Ruprecht 147 open cluster*, [AJ](#), **153**, 131.
25. Eigmuller P., Gandolfi, D., Persson C. M., Donati P., Fridlund M., Csizmadia S., **Barragán O.**, et al., 2017, *K2-60b and K2-107b. A sub-jovian and a jovian planet from the k2 mission*, [AJ](#), **153**, 130.
26. Smith A. M. S., Gandolfi D., **Barragán O.**, et al, 2016, *K2-99: a subgiant hosting a transiting warm Jupiter in an eccentric orbit and a long-period companion*, [MNRAS](#), **464**, 2708.
27. Johnson M. C. et al. (including **Barragán O.**), 2016, *Two Hot Jupiters from K2 campaign 4.* [AJ](#), **151**, 171.
28. Hjorth M., et al., (including **Barragán O.**), 2018, *EPIC 249624646: a warm Jupiter and a mini-Neptune in a multiple-star system*, [MNRAS](#), submitted.
29. Livingston J., et al., (including **Barragán O.**), 2018, *EPIC 211964830: A transiting multi-planet system in the Praesepe open cluster*, [MNRAS](#), submitted, ([arXiv:1809.01968](#)).
30. Smith, et al. (including **Barragán O.**), 2018, *EPIC 220501947 b and K2-237 b: two transiting hot Jupiters from K2*, [MNRAS](#), submitted. ([arXiv:1807.05865](#)).
31. Trifonov T., et al., (including **Barragán O.**), 2018, *New HARPS and FEROS Observations of GJ 1046*, [RNAAS](#), **2**, 180.
32. Korth J., et al., (including **Barragán O.**), 2018, *K2-140b and K2-180b - Characterization of a hot Jupiter and a mini-Neptune from the K2 mission*, [MNRAS](#), submitted, [arXiv:1810.04601](#).