

Sistemas exoplanetarios múltiples: estadísticas y clasificación

M.J. Hobson^{1,2}, M. Gómez^{2,3}

¹ Facultad de Matemática, Astronomía y Física (FaMAF-UNC)

² Observatorio Astronómico de Córdoba (OAC)

³ CONICET

Contacto/ MJH: mhobson@oac.uncor.edu

Resumen / Actualmente se conocen 459 sistemas planetarios múltiples, de los cuales 50 poseen cuatro o más planetas. Presentamos análisis estadísticos de las propiedades físicas tanto de las estrellas que los albergan como de los planetas que los componen, y de las configuraciones orbitales de estos sistemas. Dedicamos especial atención a los 50 sistemas más numerosos, realizando un análisis de metalicidad de las estrellas huéspedes, y medidas de la compactez de cada uno de los sistemas. Investigamos si los planetas están ordenados preferentemente por tamaño en sus sistemas. Analizamos la diversidad de los sistemas planetarios múltiples actualmente conocidos en relación al Sistema Solar.

Abstract / 459 multiplanet systems are currently known, of which 50 possess four or more planets. We present statistical analyses of the physical properties of both the host stars and the planets, and of the orbital configurations of these systems. We devote special attention to the 50 most populated systems, performing a metallicity analysis of the host stars, and a measure of the compactness of each system. We investigate if the planets are ordered preferentially by size in their systems. We analyse the diversity of the known multiplanet systems with relation to the Solar System.

Keywords / (stars:) planetary systems — methods: statistical

1. Introducción

Hasta agosto de 2014 se conocían 459 sistemas planetarios múltiples, de los cuales 50 poseen cuatro o más planetas (Figura 1). Aquí analizamos las propiedades físicas de las estrellas y los planetas de estos sistemas, y sus configuraciones orbitales. Para ello, los separamos en sistemas chicos (2 o 3 planetas) y grandes (4 o más planetas), dedicando especial atención a éstos últimos; se buscan criterios de clasificación que permitan compararlos entre sí, con el Sistema Solar y con los sistemas planetarios chicos. Estos criterios incluyen: metalicidad de las estrellas huéspedes, cuán compactos son los sistemas y cómo varía el tamaño de sus planetas. Además, investigamos si los planetas están ordenados preferentemente por tamaño en sus sistemas. Todos los datos estelares y planetarios (salvo que se indique lo contrario) se obtuvieron de The Extrasolar Planet Encyclopaedia*.

2. Análisis y resultados

2.1. Metalicidad

Fischer & Valenti (2005) reportaron que la presencia de planetas sería más frecuente en estrellas más metálicas que el Sol. Sin embargo otros trabajos (ej. Udry & Santos 2007) sugieren que tal relación se limita a estrellas con planetas de tipo Hot Jupiter (masa $\gtrsim 0,5M_J$, semieje $\lesssim 0,1$ UA).

* www.exoplanet.eu

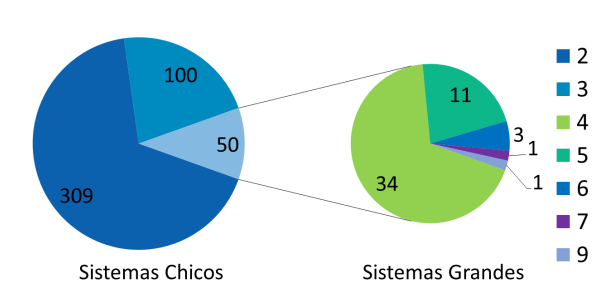


Fig. 1: Sistemas exoplanetarios múltiples según cantidad de planetas.

Analizamos la metalicidad estelar para sistemas chicos, grandes, y con Hot Jupiters, en base a datos de Rowe et al. (2014), Adibekyan et al. (2012), y Maldonado et al. (2012). En la Figura 2 se presentan las distribuciones acumuladas de metalicidad para las tres categorías. Según el test Kolmogorov-Smirnov, las distribuciones acumuladas de metalicidades de sistemas grandes y chicos no se diferencian significativamente, siendo sus estrellas, en promedio, ligeramente menos metálicas que el Sol. Los Hot Jupiters (que casi siempre están solos en su sistema) se diferencian de ambos, siendo sus estrellas en promedio más metálicas que el Sol. En la Figura 2 también puede notarse que el 60% de las estrellas que albergan sistemas tanto chicos como grandes tienen metalicidades menores que 0, comparadas con solo el 40% de las estrellas que

albergan Hot Jupiters.

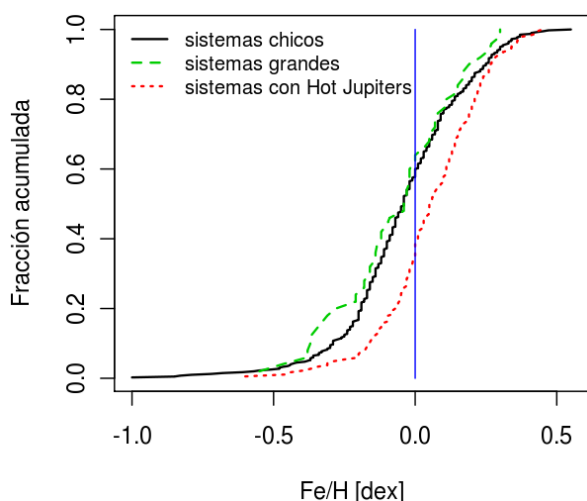


Fig. 2: Distribuciones acumuladas de metalicidad para sistemas chicos, grandes y con Hot Jupiters. El 60% de las estrellas que albergan sistemas tanto chicos como grandes, y el 40% de las que albergan Hot Jupiters, son menos metálicas que el Sol.

2.2. Orden preferencial por tamaño

Se ha reportado un orden preferencial de tamaño para planetas Kepler (Ciardi et al. 2013), siendo el planeta interno generalmente de menor tamaño que el externo. Analizamos esta posibilidad en toda la muestra de sistemas multiplanetarios conocidos, discriminando en sistemas chicos y grandes y calculando cocientes de masas o de radios según la información disponible. En todos los casos, se encontró evidencia de orden preferencial, respetándolo el 65% – 70% de los pares planetarios. En las Figuras 3, 4 se muestran las distribuciones acumuladas de cocientes para los distintos grupos.

2.3. Compactez y razón de tamaños

Definimos los siguientes parámetros para sistemas grandes:

- Razón de tamaños de un sistema: el cociente entre las masas del planeta menos masivo del sistema, y el planeta más masivo (o análogamente con los radios planetarios).
- Compactez de un sistema: el cociente entre los semiejes de las órbitas del planeta más cercano a la estrella, y el planeta más alejado.

En la Figura 5 se muestran todos los sistemas grandes, en cuatro grupos de creciente compactez. Se puede apreciar que el grupo de sistemas más compactos (panel inferior derecho) presenta planetas de tamaño más homogéneo que el grupo de sistemas menos compactos (panel superior izquierdo). Globalmente, compactez y razón de tamaño se relacionaron lineal y significativamente (Figura 6).

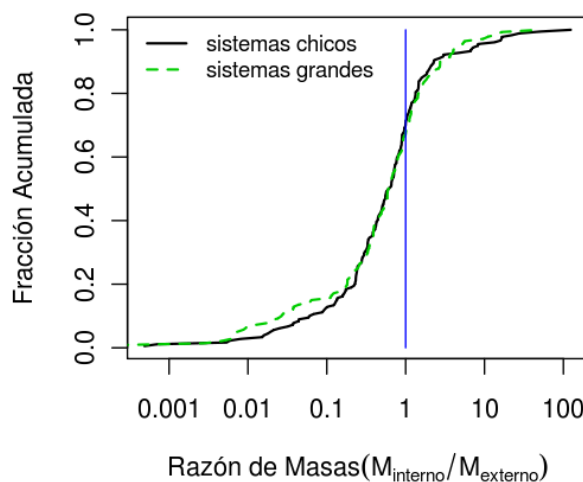


Fig. 3: Distribuciones acumuladas de razones de masas para sistemas chicos y grandes. En 67% (chicos) a 70% (grandes) de los pares planetarios, el planeta interno es más chico que el externo.

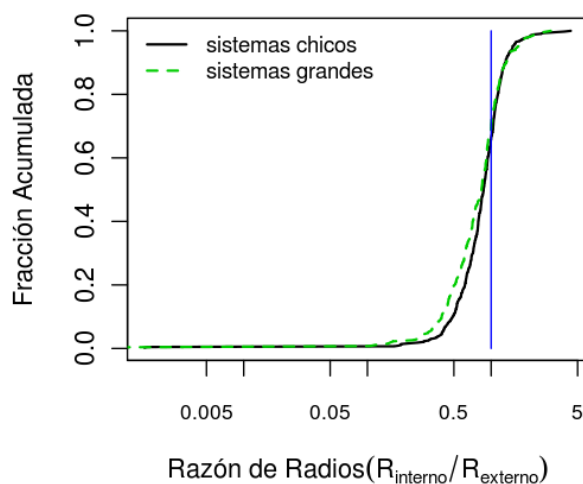


Fig. 4: Distribuciones acumuladas de razones de radios para sistemas chicos y grandes. En 66% (chicos) a 70% (grandes) de los pares planetarios, el planeta interno es más chico que el externo.

3. Conclusiones

Hay una gran variedad de sistemas planetarios, como puede observarse en la Figura 5. Los sistemas varían en configuración orbital, tamaño planetario, tamaño estelar, entre otros.

La metalicidad es similar y ligeramente sub-solar en sistemas chicos y grandes, difiriendo de sistemas con Hot Jupiters, donde tiende a ser mayor a la solar.

Los planetas internos de un sistema tienden a ser de menor tamaño que los externos.

Los sistemas poco compactos poseen planetas con variaciones importantes de tamaño, mientras que en los muy compactos los planetas tienen tamaños más homogéneos.

Este trabajo se enmarca en estudios estadísticos incipientes de los sistemas planetarios múltiples, tales como el de Ciardi et al., ya citado, o los de Lissauer et al.

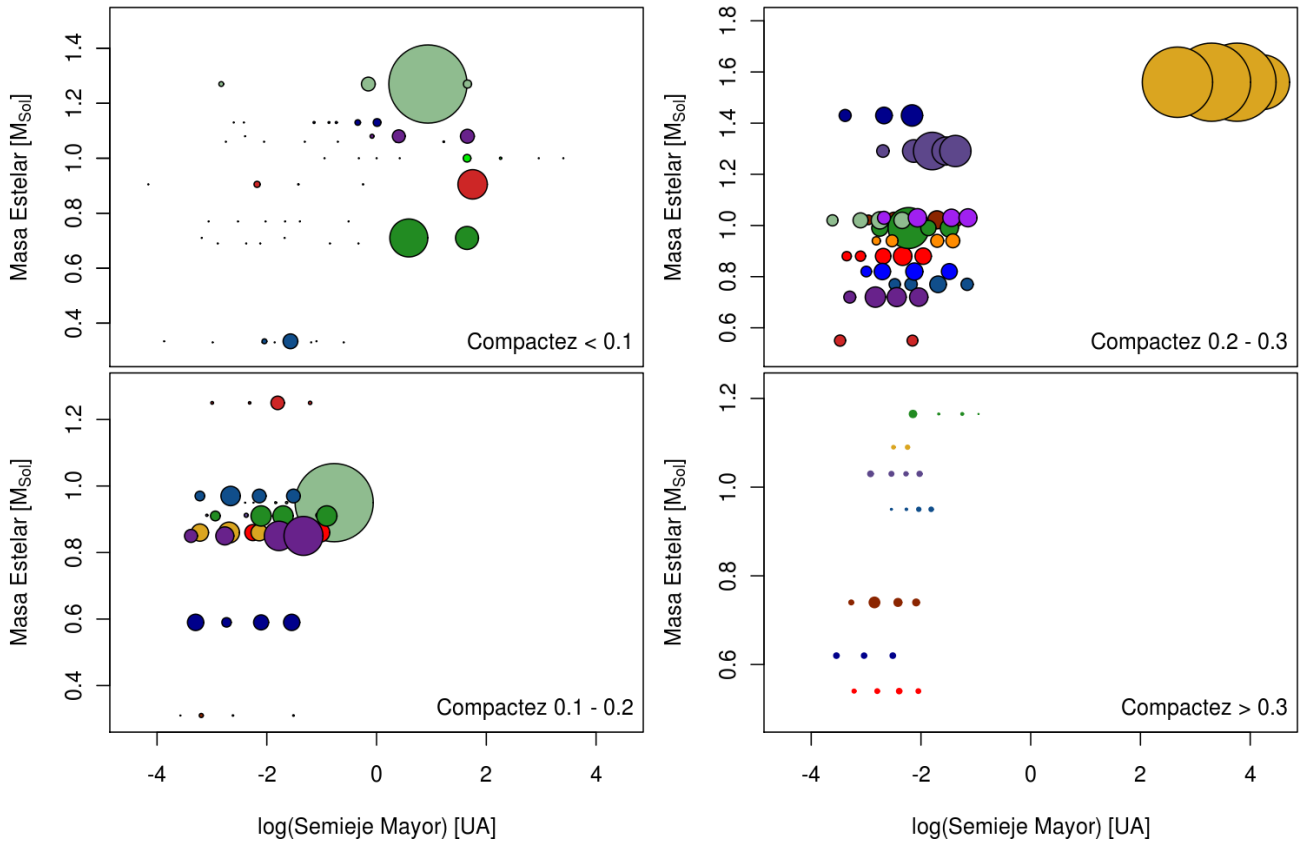


Fig. 5: Sistemas de 4 o más planetas, categorizados por compactez. En el eje vertical se muestra la masa estelar, en el eje horizontal el semieje mayor. Los círculos son proporcionales a la masa/radio de cada planeta.

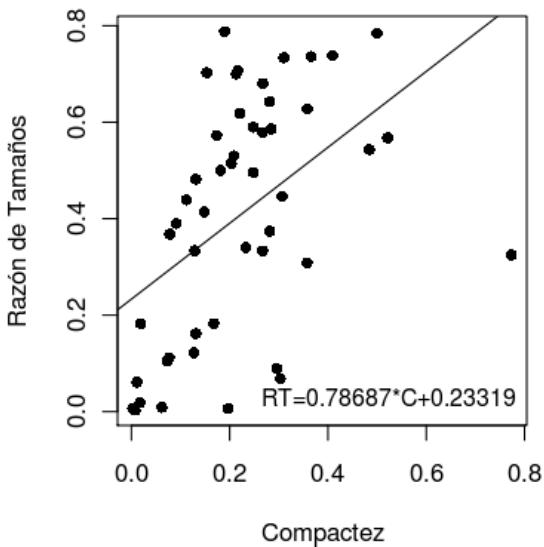


Fig. 6: Ajuste lineal entre compactez y razón de tamaños. $R^2 = 0,2119$, $p - value = 0,00059$.

(2011) y Fabrycky et al. (2014), entre otros, que abordan el tema de la estabilidad dinámica de estos sistemas. En general estos trabajos buscan analizar la arquitectura de estos nuevos sistemas planetarios múltiples en relación a

la del sistema solar.

Cabe mencionar que, al presente, no es posible descartar en forma contundente la presencia de algún sesgo de tipo observacional en la muestra analizada. Todas las técnicas de detección tienen limitaciones; si bien tienden a compensarse cuando se combinan, pocas veces un dado sistema individual ha sido monitoreado por más de una técnica. Los resultados encontrados en este trabajo deben, entonces, considerarse como tendencias o características emergentes que podrán ser reafirmadas a medida que se posean muestras de mayor homogeneidad en las cuales sea factible estimar en forma precisa y confiable los límites de sensibilidad (en tamaño o masa planetaria, distancia orbital, etc.) alcanzados.

Referencias

Adibekyan V. Z., et al., 2012, A&A, 545, A32
 Ciardi D. R., et al., 2013, ApJ, 763, 41
 Fabrycky D. C., et al., 2014, ApJ, 790, 146
 Fischer D. A., Valenti J., 2005, ApJ, 622, 1102
 Lissauer J. J., et al., 2011, ApJS, 197, 8
 Maldonado J., et al., 2012, A&A, 541, A40
 Rowe J. F., et al., 2014, ApJ, 784, 45
 Udry S., Santos N. C., 2007, ARA&A, 45, 397

Índice alfabético

- Abadi, M.G., 55, 64
Aguero, M.P., 28
Ahumada, A.V., 102, 148
Ahumada, J.A., 96, 163, 178
Algorry, D.G., 55, 64
Alibert, Y., 251
Alonso, M.V., 40
Alonso, S., 43
Althaus, L.G., 99, 117, 135
Andruchow, I., 16
Arce, H.G., 203
Arellano Ferro, A., 163
Arias, M.L., 87, 108
Balmaceda, L., 238
Barbá, R.H., 154
Bassino, L.P., 46
Baume, G.L., 151, 157, 166
Benaglia, P., 16
Benitez, M., 169
Benvenuto, O.G., 93, 123
Bergman, M., 34
Bersten, M.C., 123
Borges Fernandes, M., 87
Borissova, J., 166
Bosch, G., 61
Briozzo, C.B., 254
Bustos Fierro, I.H., 178
Cabello, I., 238
Calandra, M.F., 129
Calderón, J.H., 163, 178
Camisassa, M.E., 117
Camperi, J.A., 28
Campuzano-Castro, F., 61
Cappa, C.E., 206
Cardaci, M., 61
Carraro, G., 138, 157, 160
Caso, J.P., 46
Castelletti, G., 225
Chavero, C., 120
Chené, A.N., 166
Cidale, L.S., 87, 108
Civitarese, O., 52
Clariá, J.J., 102, 148, 160
CLASSy, 203
Cochetti, Y.R., 108
Cohet, R., 194
Combi, J.A., 209
Corti, M.A., 135, 166
Costa, E., 157
Costa, J.E., 135
Cremades, H., 238
Crutcher, R., 200
Córscico, A.H., 73, 99, 135
Cúneo, V.A., 145
Díaz, R.J., 28
D'Ambra, A., 31
de Elía, G.C., 251
de los Rios, M., 22
De Rossi, M.E., 49
de Souza, V., 169
De Vito, M.A., 93
Díaz, R.J., 31
Dipold, J., 169
Dohmen, I., 238
Domínguez, M.J., 22, 172
Dubner, G.M., 188
Duplancic, F., 43
Escudero, C.G., 19
Faifer, F.R., 19, 70
Feinstein, C., 151
Fernandez Alonso, M., 222
Fernández López, M., 200, 203
Fernández-Lajús, E., 132
Ferrero, I., 55, 64
Ferrero, L.V., 114, 126
Firpo, V., 61
Folatelli, G., 123
Font, A.S., 49
Forte, J.C., 19, 70
Gamen, R.C., 132
Gancio, G.M., 175
García, B., 169
García Migani, E., 248
García-Lorenzo, B., 34
Gaspar, G., 31
Geisler, D., 102, 160
Gil-Hutton, R., 129, 241, 248, 257
Giudici, F.N., 132
Gómez, M., 90, 96, 105, 114, 120, 126, 145, 260
Gómez, P., 31
González, N.M., 19
Granada, A., 108
Grocholski, A.J., 160
Guilera, O.M., 251
Gunthardt, G.I., 28, 31, 114, 126
Hagele, G., 61
Harari, D., 1
Hobson, M.J., 260
Horvath, J.E., 93
Humphrey, A.J., 12