

Análisis de la distribución de masas de algunos sistemas exoplanetarios



A. Terluk¹, R. Gil-Hutton^{1,2}

1- Grupo de Ciencias Planetarias, FCEFN, Universidad Nacional de San Juan, Argentina
2- CONICET, Argentina

RESUMEN

El estudio de los sistemas exoplanetarios se fundamenta en dos procesos que además de ser complementarios, se retroalimentan mutuamente: las observaciones de exoplanetas y los modelos de formación y evolución planetaria. Los datos observacionales reportados hasta la fecha permiten llevar a cabo un análisis estadístico de la distribución de exoplanetas sobre sus diferentes propiedades físicas y dinámicas. Particularmente, conocer la distribución de masas nos acercaría a un mejor entendimiento de los procesos de formación y evolución planetaria. En este trabajo se analizó la distribución de masa de un conjunto de exoplanetas que forman parte de sistemas planetarios que han sido clasificados según su arquitectura. Además, se analizó la distribución de masa de aquellos exoplanetas de la muestra que fueron detectados mediante el método de tránsitos teniendo en cuenta un significativo sesgo observacional, y se determinó que ambas distribuciones pueden describirse mediante una ley de potencia.

INTRODUCCIÓN

Diferentes autores han estudiado la distribución general de masas para exoplanetas obtenidas de diferentes muestras, determinando que las mismas pueden describirse mediante una ley de potencias del tipo

$$dN/dm \propto m^{-\alpha}$$

Por otro lado, un trabajo de Mishra et al. (2023) plantea un marco novedoso para estudiar la estructura de un sistema exoplanetario a nivel de sistema. Este marco permite caracterizar, cuantificar y clasificar la arquitectura de un sistema planetario individual en cuatro clases diferentes: Similar, Ordenado, Anti-ordenado y Mixto.

En este trabajo se estudia la distribución de masa de los exoplanetas que forman parte de sistemas multiplanetarios observados y clasificados según el esquema propuesto por Mishra et al. (2023).

DATOS Y AJUSTE

Distribución de masa de exoplanetas

Para respaldar su esquema de clasificación Mishra et al. (2023), desarrollaron un catálogo de sistemas exoplanetarios observados. El catálogo incluye 41 sistemas exoplanetarios con un total de 194 exoplanetas. En la Fig. 1 se presenta la distribución de masa para este conjunto particular de 194 exoplanetas, los cuales han sido detectados mediante diferentes técnicas y por tanto, para construir dicho histograma no se ha hecho distinción entre masa y masa mínima.

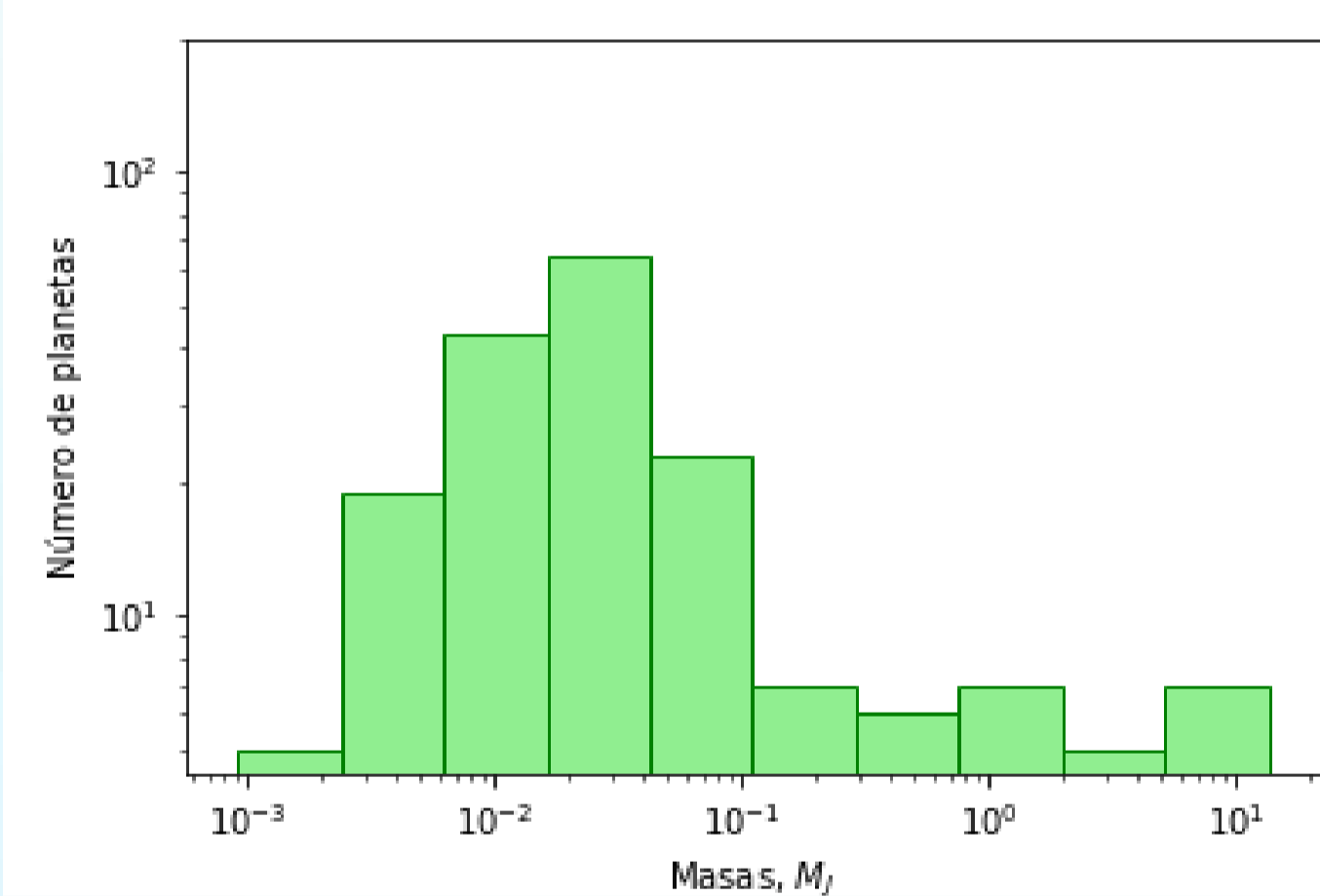


Figura 1: Distribución de masa de los 194 exoplanetas que conforman los 41 sistemas exoplanetarios clasificados.

La fig. 2 muestra la distribución acumulativa de masa en escala logarítmica y su aproximación a una función de ley de potencia. Puede observarse que no toda la distribución sigue una ley de potencia sino para valores de masas contenidos entre $m_{\min} = 0.006M_J$ y $m_{\max} = 9.106M_J$. Esto puede deberse principalmente a factores de sesgo observacional. Se realiza un ajuste sobre dicha región mediante regresión lineal por mínimos cuadrados para recuperar la pendiente de la recta cuyo valor es la estimación del parámetro de escala α .

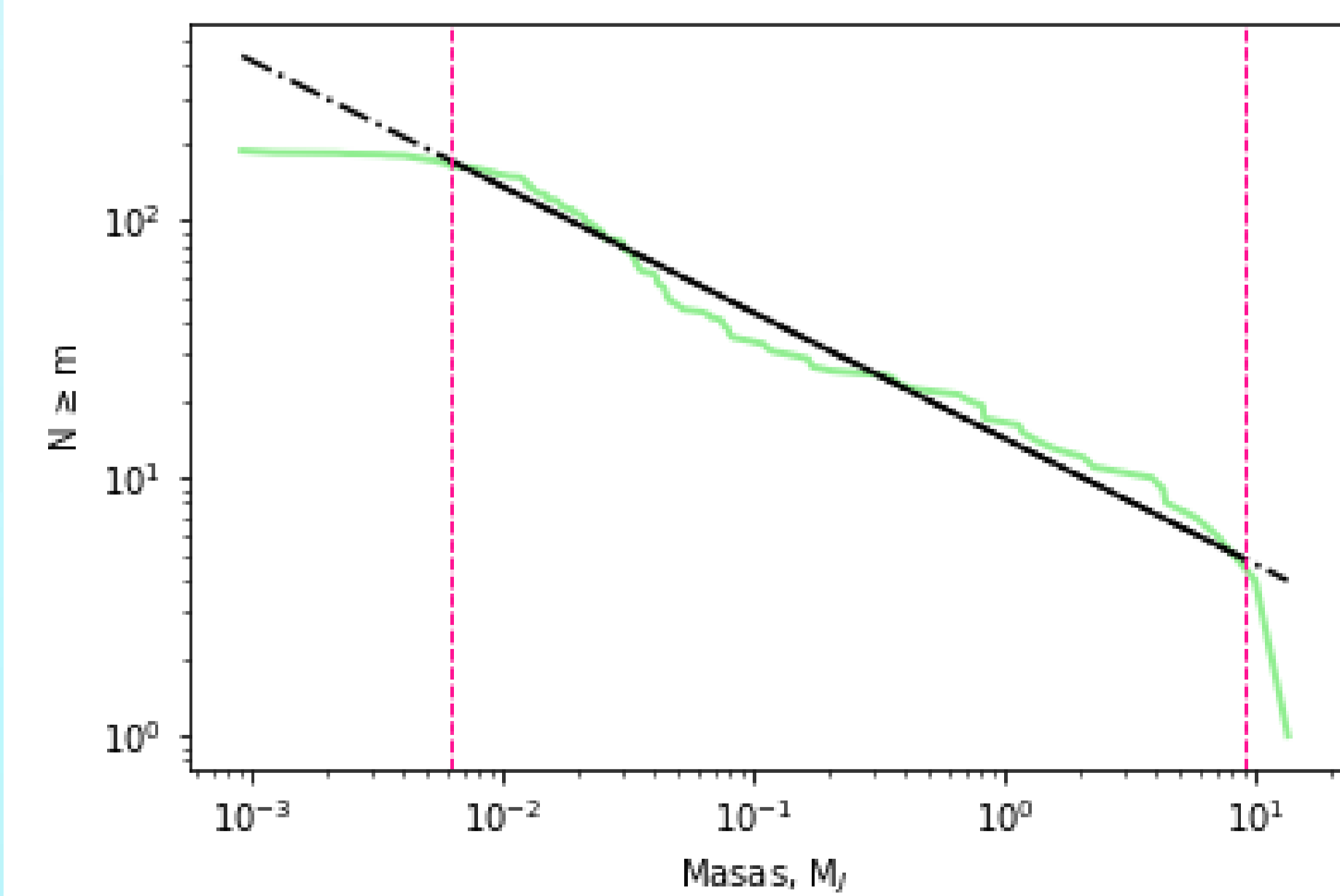


Figura 2: En verde: distribución acumulativa de masas para los 194 exoplanetas considerados. En negro: ajuste a dicha distribución sobre la región donde la curva sigue una ley potencia $d(N \geq m)/d \log(m) \propto m^{-0.48 \pm 0.008}$. Las rectas verticales en línea de puntos corresponden a los valores m_{\min} y m_{\max} que delimitan dicha región.

Distribución de masa de exoplanetas en tránsito

Del total de exoplanetas considerados, se seleccionó un total de 92 exoplanetas que han sido detectados por el método de tránsitos. La Fig. 3 muestra la distribución de masa correspondiente. Para estudiar dicha distribución y, con la finalidad de recuperar una distribución de masa más próxima a la verdadera, se corrige por el sesgo observacional que implica la probabilidad de detectar un tránsito planetario siguiendo las ecuaciones utilizadas en Ananyeva et al. (2020).

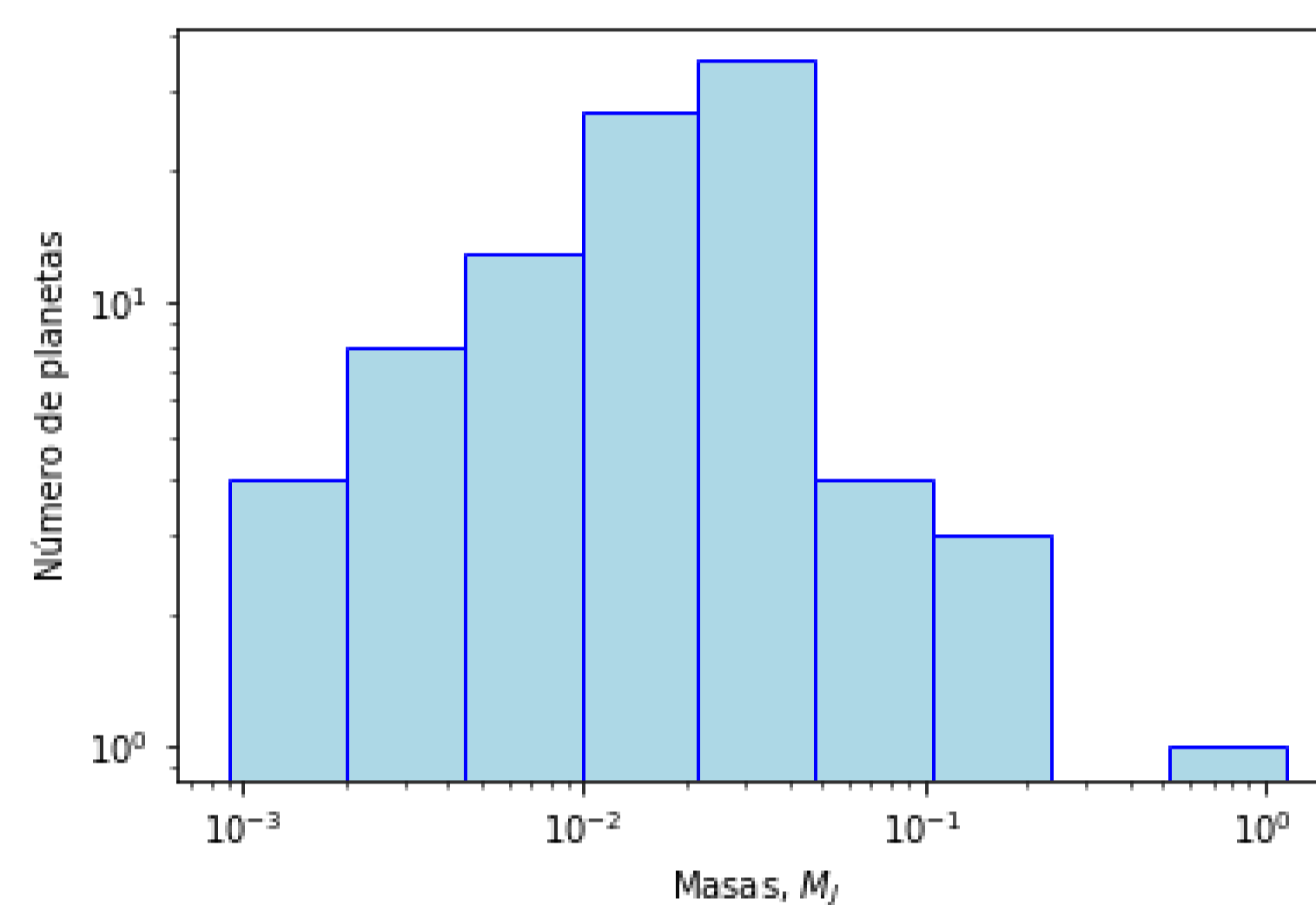


Figura 3: Distribución de masa de los 92 exoplanetas detectados por el método de tránsitos.

La Fig. 4 muestra la distribución de masa acumulativa en escala logarítmica y su respectivo ajuste para los exoplanetas en tránsito sin considerar el factor de sesgo observacional (panel izquierdo), mientras que, en el panel derecho se muestra la distribución de masa acumulativa corregida (y su respectivo ajuste), teniendo en cuenta la probabilidad de configuración de un tránsito planetario.

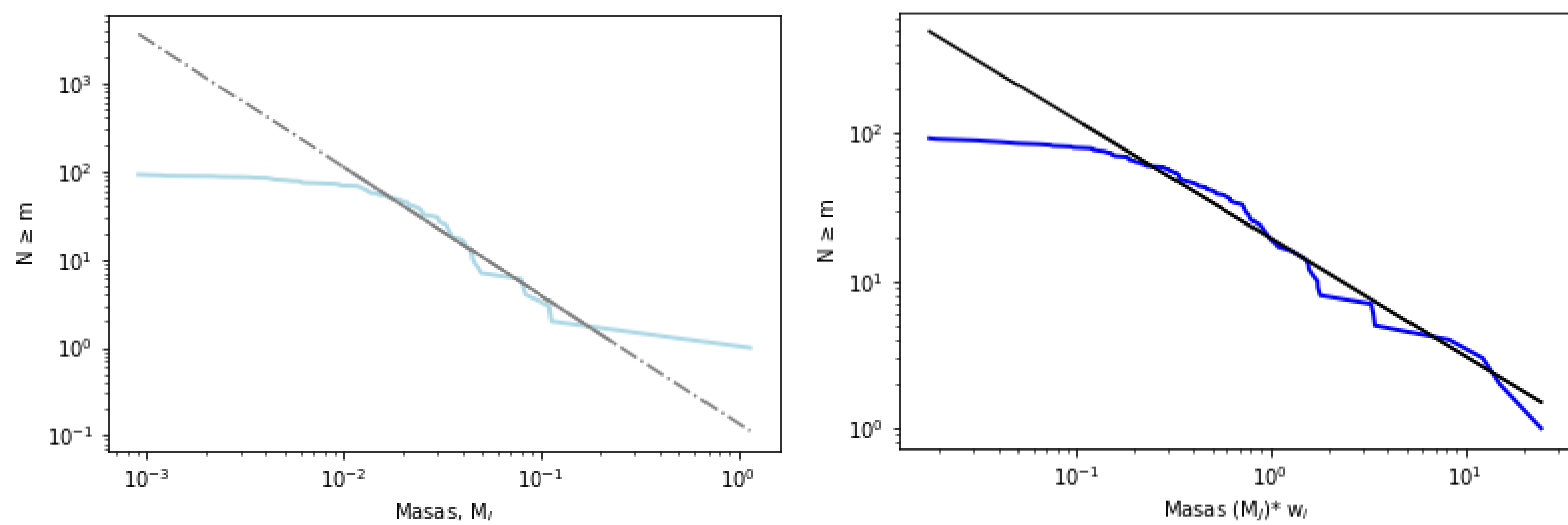


Figura 4: Panel izquierdo: En celeste: distribución acumulativa de masa para los 92 exoplanetas en tránsito, sin tener en cuenta la probabilidad geométrica de observar un tránsito. En gris: su respectivo ajuste a una ley de potencia $d(N \geq m)/d \log(m) \propto m^{-1.45 \pm 0.04}$. Panel derecho: la curva azul representa la distribución acumulativa de masa corregida. En negro: su respectivo ajuste a una ley de potencia $d(N \geq m)/d \log(m) \propto m^{-0.79 \pm 0.01}$.

RESULTADOS

Estudiar la distribución estadística de las masas de exoplanetas es importante para comprender la variedad planetaria, así como para evaluar y perfeccionar los modelos de formación y evolución planetaria.

En este trabajo, se analizó la distribución de masas de un total de 194 exoplanetas obtenidos del catálogo generado por Mishra et al. (2023). Esta muestra representa aproximadamente solo el 3 % de los exoplanetas reportados hasta la fecha. Se determinó que la distribución de masas puede describirse mediante una ley de potencia: $d(N \geq m)/d \log(m) \propto m^{-0.48 \pm 0.008}$ ($d(N \geq m)/dm \propto m^{-1.48 \pm 0.008}$). Para este estudio tanto la distinción entre masa y masa mínima, como factores de selección observacional fueron ignorados.

Además se estudió la distribución de masas de los exoplanetas de la muestra que fueron detectados mediante el método de tránsitos y se corrigió dicha distribución teniendo en cuenta la probabilidad de configuración de un tránsito. Se encontró que esta distribución puede aproximarse también mediante una ley de potencia: $d(N \geq m)/d \log(m) \propto m^{-0.79 \pm 0.01}$ ($d(N \geq m)/dm \propto m^{-1.79 \pm 0.01}$).

REFERENCIAS

Ananyeva V.I., et al., 2020, Icarus, 346, 113773
Mishra L., et al., 2021, A&A, 656, A74
Mishra L., et al., 2023, A&A, 670, A68
Winn J.N., 2014, Transits and occultations

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo financiero de CONICET a través del PIP 112-202001-01227 y de la Universidad Nacional de San Juan mediante un subsidio de CICITCA para el período 2023-2024.

