

Las estrellas que nunca hemos visto

QTC-015 · De los quarks a la consciencia

El universo, la vida y cómo llegamos a saberlo

Autor: Juan Segurola

Versión: v1.0 ES · 2 de septiembre de 2026

Perfil epistémico: Interpretación científica actual

Licencia: All Rights Reserved

Resumen del artículo

Las estrellas de Población III tuvieron que formarse a partir del hidrógeno y el helio casi prístinos que dejó el universo temprano caliente, pero ninguna estrella individual ha sido identificada espectroscópicamente como libre de metales. Hoy esa frase exige cuidado. El JWST ha encontrado candidatos serios, ha confirmado gas extremadamente primitivo y ha medido sistemas como Hebe y LAP1-B que ponen a prueba con fuerza las predicciones sobre las primeras estrellas. Este artículo sigue la evidencia desde el enfriamiento por hidrógeno molecular y las masas estelares inciertas hasta la arqueología química y la espectroscopia de múltiples líneas. Explica por qué las simulaciones predicen una población de masa elevada sin imponer una masa universal, por qué la emisión de helio o la ausencia de líneas metálicas no bastan por separado y por qué la evidencia sobre una población no equivale a ver una estrella individual.

En 60 segundos

El Big Bang produjo sobre todo hidrógeno y helio, así que alguna primera generación de estrellas tuvo que fabricar el carbono, el oxígeno, el silicio y el hierro posteriores. En los cálculos estándar, el gas prístino empezó a colapsar principalmente en pequeños halos de materia oscura hacia corrimientos al rojo 20–30. El hidrógeno molecular solo lo enfrió hasta unos pocos cientos de kelvin, favoreciendo una acreción rápida y una población inclinada hacia masas altas. Las simulaciones modernas también producen discos, binarias y fragmentos menos masivos, de modo que es falso que todas las primeras estrellas tuvieran cien masas solares. Sus miembros masivos vivieron poco, ionizaron el entorno y explotaron, colapsaron o dispersaron los primeros elementos pesados. Los buscamos mediante simulaciones, huellas químicas en estrellas antiguas, espectros de sistemas primitivos remotos y lentes gravitatorias. Hebe, cerca de GN-z11, ya ofrece emisión de hidrógeno confirmada y límites estrictos de metales; LAP1-B posee oxígeno medido, aunque muy escaso. Son avances decisivos, pero todavía no un espectro individual de una estrella sin metales. El diagnóstico más fuerte combina corrimiento al rojo, radiación dura, varios límites de metalicidad y pruebas contra fuentes alternativas.

Por qué importa esta pregunta

Las primeras estrellas conectan tres historias que a menudo se cuentan por separado. Transformaron la química primordial en luz estelar, fabricaron los primeros elementos pesados y cambiaron qué objetos podrían formarse después. Sin embargo, casi toda afirmación sobre ellas cruza una frontera

de evidencia: de la física atómica observada a una simulación, de la química de un descendiente a una explosión desconocida o de la luz nebular no resuelta a una población estelar. El tema pone a prueba tanto la historia cósmica como la disciplina de decir con precisión qué se ha observado. Es un caso ejemplar de reconstrucción: ningún método posee por sí solo la conclusión, y la precisión depende de conservar visibles las uniones entre ellos.

1. Qué debe significar ahora «nunca vistas»

La pregunta

Si los telescopios han detectado luz de sistemas que podrían contener estrellas de Población III, ¿cómo puede el título seguir diciendo que nunca las hemos visto? Porque una población candidata, el gas prístino y una estrella identificada individualmente son logros observacionales diferentes.

Población III no significa «las estrellas más antiguas» ni «las estrellas más lejanas». Designa estrellas formadas a partir de material primordial o prácticamente primordial, sin elementos más pesados que el helio en cantidades relevantes. La nucleosíntesis del Big Bang produjo hidrógeno, helio y trazas de núcleos ligeros, pero no el carbono, el oxígeno, el silicio o el hierro necesarios para el enfriamiento posterior por líneas metálicas y polvo.[1,2,17,40] Por tanto, alguna generación estelar tuvo que existir antes de la formación de estrellas enriquecidas.

Las primeras estrellas y la Población III están estrechamente relacionadas, pero no son sinónimos perfectos. El enriquecimiento fue irregular. Una supernova podía contaminar una región mientras el gas vecino seguía prístino, permitiendo que la Población III continuara formándose cuando ya existían estrellas de Población II en otros lugares.[23,31] La cronología por sí sola no identifica la clase: importan la composición y la historia de formación.

La situación observacional cambió con rapidez entre los primeros informes del JWST y 2026. La región hoy llamada Hebe, a unos tres kilopársecs propios de GN-z11, tiene emisión de hidrógeno confirmada y ninguna línea metálica detectada en espectros profundos de seguimiento. Los modelos de población favorecen con fuerza una contribución importante de Población III.[24–26] GLIMPSE-16043 sigue siendo un candidato seleccionado fotométricamente, mientras que LAP1-B es un sistema medido espectroscópicamente, excepcionalmente primitivo pero con metales distintos de cero.[27–31] Estos objetos no deben mezclarse en una lista sin categorías.

Ningún espectro estelar individual ha establecido todavía que una estrella sea Población III libre de metales. La mayoría de los sistemas candidatos no están resueltos o están dominados por el gas circundante, por lo que la población ionizante se infiere a partir de líneas de emisión, límites del continuo, modelos de lente y síntesis estelar. Es observación genuina unida a modelización, no una fotografía de una estrella etiquetada. El título solo es defendible con ese significado más estrecho.

En qué punto estamos

La Población III se define por el material de nacimiento, no solo por la edad o la distancia. El JWST ya ha observado entornos candidatos potentes y gas extraordinariamente primitivo, de modo que decir que no se ha visto nada ha quedado obsoleto. Lo que falta es una estrella individual identificada sin metales, mientras la evidencia sobre poblaciones presenta varios grados distintos y cambiantes. La siguiente pregunta es cómo pudo el gas prístino formar estrellas.

2. Cómo colapsó por primera vez el gas prístino

La pregunta

Sin carbono, oxígeno ni polvo que irradiaran el calor con eficacia, ¿por qué llegó a colapsar el gas primordial? Utilizó un refrigerante más débil, el hidrógeno molecular, dentro de halos de materia oscura cuya gravedad reunió suficiente gas para que el enfriamiento venciera a la compresión.

En los cálculos estándar Lambda-CDM, el canal principal de las primeras estrellas comienza en minihalos de aproximadamente 10^5 – 10^7 masas solares hacia corrimientos al rojo 20–30.[1–4,31] Esas cifras describen una distribución predicha, no un cumpleaños observado. El primer objeto que colapsa en un cálculo depende del volumen simulado, las condiciones cosmológicas iniciales y el criterio usado para reconocer un núcleo formador de estrellas.

El hidrógeno molecular se forma mediante una pequeña red de reacciones primordiales y enfría por emisión rotacional y vibracional. En la vía canónica del minihalo reduce la temperatura del gas hasta unos 200 K, mucho más que en muchos núcleos actuales de nubes moleculares con polvo.[3,4,6] La velocidad del sonido, la escala de Jeans y el flujo de entrada resultantes favorecen una acreción rápida. Ese argumento térmico explica una tendencia hacia masas mayores, no una masa obligatoria.

Las primeras simulaciones solían producir un núcleo dominante en colapso, lo que favoreció la imagen de una estrella solitaria de más de cien masas solares.[3,4] Cálculos tridimensionales de mayor resolución encontraron discos rotatorios que se fragmentan, intercambian momento angular, expulsan miembros y fusionan protoestrellas.[6,7,37] La radiación de las protoestrellas en crecimiento termina calentando o ionizando el flujo, pero la realimentación no borra todos los fragmentos.[5,7,38] Por ello, el trabajo moderno predice una distribución, a menudo inclinada hacia masas altas, con límites inferior y superior inciertos.

El umbral también se desplaza. Los fotones Lyman-Werner disocian el hidrógeno molecular; la radiación ionizante puede calentar el gas o, a veces, prepararlo para una nueva química; y el movimiento relativo coherente de bariones y materia oscura dificulta la captura de gas en ciertas regiones.[8–10] El entorno, y no un corrimiento al rojo o una masa de halo universales, determina cuándo una nube prístina pasa del retraso al colapso.

En qué punto estamos

El gas prístino pudo formar estrellas porque el hidrógeno molecular proporcionó una vía limitada de enfriamiento dentro de halos de materia oscura en crecimiento. Su colapso relativamente cálido favorece una distribución inclinada hacia masas altas, pero los discos, la realimentación y el entorno impiden una masa o fecha de nacimiento universales. Esa incertidumbre importa porque la masa gobierna todo lo que hicieron después.

3. Estrellas que cambiaron la química disponible

Las estrellas masivas sin metales son compactas, calientes y capaces de producir espectros ultravioletas duros. Los cálculos de síntesis de poblaciones predicen abundantes fotones ionizantes de hidrógeno y, para poblaciones suficientemente calientes, fotones capaces de ionizar dos veces el helio.[11,12] Su radiación creó regiones ionizadas locales y empezó a transformar el gas antes de

cualquier explosión. Sin embargo, la rotación, las binarias y estrellas muy masivas de metalicidad baja pueden imitar parte de esa dureza espectral.

Las estrellas masivas que dominan esos espectros viven solo unos pocos millones de años. [11,13,14] Eso dificulta capturar un cúmulo luminoso puro: sus miembros más brillantes contaminan, dispersan o ionizan con rapidez el material usado para identificarlo. La ventana de detección es breve por la misma razón por la que esas estrellas son importantes cósmicamente. Los miembros de menor masa podrían vivir mucho más, pero cuántos se formaron sigue perteneciendo a la función de masas desconocida.

Sus muertes no fueron uniformes. Según la masa inicial, la rotación, la multiplicidad y la pérdida de masa, los modelos producen supernovas de colapso del núcleo normales o débiles, inestabilidad de pares pulsacional, disrupción completa por inestabilidad de pares o colapso directo en un agujero negro.[13,14,20] Los intervalos de masa para estrellas individuales sin rotación son mapas útiles, no fronteras naturales. La interacción binaria puede desplazar una estrella entre resultados.

Allí donde escapó material, aportó el primer carbono, oxígeno, silicio, elementos del grupo del hierro y precursores del polvo.[13,14,22,39] Ese material abrió vías de enfriamiento que el gas primordial no poseía, permitiendo la fragmentación a temperaturas menores y la transición hacia la Población II. Algunos remanentes quizá sembraron agujeros negros posteriores, pero su importancia frente a canales de semillas más pesadas es una hipótesis activa. La Población III aportó fotones ionizantes, aunque su contribución total a la reionización sigue sin resolverse. [15,16]

En qué punto estamos

Las primeras estrellas cambiaron su entorno dos veces: la radiación actuó mientras vivían y el material expulsado alteró la química después de su muerte. Su distribución de masas gobierna ambos efectos, por lo que las masas inciertas se propagan a historias inciertas de reionización y agujeros negros. Esas cenizas químicas duran más que la luz, pero interpretarlas exige primero simulaciones que conecten la física estelar con predicciones comprobables.

4. Lo que saben las simulaciones y lo que suponen

La pregunta

Una simulación puede mostrar el nacimiento de una estrella que ningún telescopio ha resuelto. ¿Qué clase de evidencia es? Es una consecuencia controlada de una física y unas condiciones iniciales declaradas, poderosa precisamente cuando sus supuestos y límites numéricos permanecen visibles.

Los cálculos de las primeras estrellas no son animaciones libres. Combinan gravedad, hidrodinámica, tasas de reacción atómicas y moleculares, transferencia radiativa y condiciones cosmológicas iniciales restringidas por observaciones.[1,3,4] Con esos ingredientes calculan el colapso a través de una enorme gama de escalas, desde un minihalo hasta un disco protoestelar. La aparición repetida del enfriamiento molecular y el flujo rápido en métodos independientes es evidencia significativa sobre ese marco físico.

La magnitud más difícil es la masa estelar final. Un cálculo puede resolver la fragmentación durante unos años mientras la acreción continúa decenas de miles. Las partículas sumidero sustituyen regiones densas no resueltas; las reglas de fusión, los radios de acreción y las

prescripciones de realimentación pueden cambiar cuántos objetos sobreviven.[5–7,37,38] Los campos magnéticos, la turbulencia y las binarias añaden sensibilidad. La convergencia numérica en una escala no garantiza la convergencia de la función de masas final.

El resultado es una jerarquía. La necesidad de enfriamiento primordial, el gas relativamente cálido y una realimentación intensa son robustos en un intervalo útil de cálculos. La pendiente exacta, la masa característica, el límite superior y la fracción de binarias no lo son.[1,31] Decir «las simulaciones muestran» sin nombrar la capa oculta esa diferencia. El acuerdo establece qué se sigue de supuestos compartidos; no transforma una protoestrella predicha en una observada.

La observación puede cerrar el ciclo. Las distribuciones de abundancias químicas ponen a prueba los rendimientos explosivos; los espectros candidatos prueban la dureza y las edades estelares; las mediciones de 21 centímetros pueden restringir el calentamiento y la ionización integrados. Una predicción acertada fortalece un modelo, mientras un desacuerdo puede revelar física ausente o una traducción errónea de la simulación al observable. Predicción y detección siguen siendo categorías distintas aunque se refuercen.

En qué punto estamos

Las simulaciones vuelven calculable lo no visto al unir microfísica medida con condiciones cosmológicas iniciales. Sus resultados más estables se refieren al enfriamiento, el colapso y la realimentación; los menos estables, a las masas finales y la multiplicidad. Esa incertidumbre es útil: indica a la arqueología química qué rendimientos simulados pueden contrastarse con los patrones de abundancia más antiguos conservados. El archivo siguiente es químico, no luminoso.

5. Leer las cenizas cerca de casa

Si algunas estrellas de Población III se formaron por debajo de unas 0,8 masas solares, podrían sobrevivir hoy. Los estudios del halo de la Vía Láctea y de galaxias enanas cercanas han encontrado estrellas extremadamente pobres en metales, pero ninguna con metales medidos exactamente iguales a cero.[17,18,31] Esa ausencia restringe la cola de baja masa solo a través de la selección de los estudios, la evolución estelar y la probabilidad de que los supervivientes llegaran a las regiones observadas.

Las estrellas que sí encontramos pueden conservar patrones de abundancia heredados de explosiones anteriores. SMSS J031300.36-670839.3, por ejemplo, contiene poquísimos hierro y fue interpretada como producto de una supernova de baja energía con caída de retorno.[19] Los modelos de supernova débil pueden expulsar capas externas ricas en carbono mientras gran parte del interior rico en hierro cae en un agujero negro.[20] Por eso una estrella posterior puede funcionar como detector químico de una explosión que nunca observó directamente.

La inversión no es única. El enriquecimiento en carbono también puede surgir por transferencia de masa en una binaria, y una nube puede mezclar material de varias supernovas. Las abundancias superficiales cambian durante la evolución estelar. Estudios paramétricos muestran qué regiones del espacio de abundancias siguen siendo compatibles con un enriquecimiento casi puro de Población III y dónde la contaminación posterior se vuelve degenerada.[35] Un descendiente es evidencia sobre clases de progenitores, no la biografía recuperada de una sola estrella.

Las supernovas por inestabilidad de pares ofrecen una prueba complementaria del extremo de masas altas porque sus rendimientos predicen fuertes patrones par-impar y un comportamiento distintivo del grupo del hierro.[13,14] Esas firmas parecen raras, pero la rareza no demuestra que nunca existieran primeras estrellas muy masivas. Sus metales pueden escapar de halos pequeños, diluirse o faltar cuando la estrella colapsa directamente. Los sistemas Lyman-alfa amortiguados muy pobres en metales añaden archivos gaseosos relativamente simples, aunque tampoco determinan un progenitor de forma única.[21]

En qué punto estamos

Las estrellas antiguas y las nubes conservan consecuencias químicas de explosiones anteriores, no fotografías de sus progenitores. Sus patrones restringen supernovas de baja energía, eventos de inestabilidad de pares y los extremos de masas, pero la mezcla y las historias alternativas vuelven la reconstrucción multívoca. La arqueología reduce posibilidades, pero no puede resucitar una primera generación completa; la prueba siguiente debe buscar sus firmas espectrales en la luz distante.

6. La firma espectral es una conjunción

La pregunta

¿Qué aspecto tendría una población distante de Población III si sus estrellas individuales no pueden separarse? Se busca un espectro ionizante duro y metales excepcionalmente débiles, y luego se pregunta si una misma población física puede explicar a la vez todos los rasgos.

El helio doblemente ionizado se recombina y produce la línea He II 1640. Como crear He⁺⁺ requiere fotones por encima de 54,4 electronvoltios, una emisión nebular intensa de He II señala un campo de radiación duro.[11,12] Anchuras equivalentes muy grandes de líneas de hidrógeno pueden indicar una población extremadamente joven y dominada por líneas. Junto con límites profundos de oxígeno, carbono y nitrógeno, esos rasgos forman un diagnóstico físicamente motivado de primeras estrellas.[32–34]

Ningún rasgo es exclusivo. Los agujeros negros en acreción, los núcleos galácticos activos, las binarias de rayos X, los choques, las estrellas Wolf–Rayet y estrellas muy masivas de baja metalicidad pueden generar fotones duros.[24,32,33] La geometría puede separar un nudo emisor de un agujero negro central; las anchuras y cocientes de líneas pueden eliminar otras alternativas. Pero He II por sí sola es una alarma, no una etiqueta.

La ausencia de líneas metálicas también exige una gramática cuidadosa. Una no detección aporta un límite superior fijado por el tiempo de exposición, el ruido, el estado de ionización, la densidad y las proporciones de abundancia; no mide un cero exacto.[25,27,29,33] Varios iones en una gama amplia de longitudes de onda restringen más que una sola línea ausente. Las estrellas de Población III también pueden coexistir con gas enriquecido recientemente por sus propias supernovas, creando sistemas híbridos o autocontaminados en vez de ejemplos puros de manual.

La lente gravitatoria eleva complejos intrínsecamente débiles por encima del umbral de detección y ya ha permitido observar estrellas individuales lejanas que no son Población III.[28–30,36] Sin embargo, la magnificación, la geometría de la cáustica y el tamaño de la fuente dependen de un modelo de masa foreground. Los cocientes de líneas pueden ser relativamente estables, mientras la

luminosidad intrínseca y la masa estelar cambian mucho. La lente amplía el alcance y añade a la vez una incertidumbre nueva.

En qué punto estamos

Ningún rasgo espectral demuestra por sí solo la Población III. El caso persuasivo combina un campo ionizante duro, juventud extrema, límites estrictos de varios metales, información espacial y pruebas explícitas contra agujeros negros y otros contaminantes. La lente puede revelar los sistemas débiles necesarios, pero toda luminosidad y masa inferidas deben conservar la dependencia del modelo de lente.

7. Lo que realmente ha encontrado el JWST

La pregunta

La expresión «candidato de Población III» abarca hoy sistemas con evidencias muy distintas. ¿Qué mediciones pertenecen a cada objeto y qué conclusiones siguen procediendo de modelos de población en lugar de estrellas detectadas directamente? La distinción decide qué clase de descubrimiento puede afirmarse.

La fuente del halo de GN-z11 se comunicó primero como un rasgo de más de cinco sigmas compatible con He II 1640 y sin líneas metálicas detectadas.[24] La espectroscopia independiente de alta resolución confirmó después la identificación de He II, resolvió dos componentes y volvió a no detectar líneas metálicas.[41] Un análisis complementario en otra gama espectral del JWST detectó H γ con señal-ruido 5,9, fijó el corrimiento al rojo en $10,5862 \pm 0,0003$ y estableció un límite de metalicidad gaseosa a tres sigmas inferior a 0,02 veces la solar.[25] La región, hoy llamada Hebe, se encuentra a unos tres kilopársecs propios de GN-z11, lo que dificulta geométricamente la ionización por su núcleo activo central.

Una comparación específica de modelos concluye que ambos componentes observados requieren más de la mitad de su masa estelar en estrellas de Población III y que uno es compatible con un sistema puro. El mismo análisis favorece una función de masas inclinada hacia masas altas, pero conserva degeneraciones entre edad, masa estelar y forma de la función.[26] Es uno de los casos más fuertes a escala de población. Su fuerza nace de la conjunción de mediciones y modelos, no de resolver una estrella individual.

GLIMPSE-16043, con corrimiento al rojo fotométrico cercano a 6,5, es intrínsecamente ultradébil y muestra una anchura equivalente inferida de H α de 2810 ± 550 ángstroms, ninguna detección de [O III] y un límite de metalicidad gaseosa inferior al 0,5 % de la solar.[27] Esas propiedades la convirtieron en candidata destacada. Análisis posteriores subrayaron que un salto de Balmer inusual también puede seleccionar sistemas exóticos muy pobres en metales, pero no genuinamente libres de ellos.[31] La espectroscopia debe decidir qué interpretación sobrevive.

LAP1-B posee la cifra de abundancia más clara. La espectroscopia del JWST mide $z = 6,625 \pm 0,001$, una abundancia de oxígeno de $(4,2 \pm 1,8) \times 10^{-3}$ veces la solar, un límite superior de masa estelar por debajo de 3300 masas solares y un campo de radiación excepcionalmente duro.[28,29] Es la galaxia formadora de estrellas químicamente más primitiva medida hasta ahora y coincide con varias expectativas teóricas para un entorno que alberga Población III.[30] Su oxígeno, sin

embargo, no es cero, por lo que llamarla «galaxia sin metales» borraría la medición que la hace extraordinaria.

En qué punto estamos

Hebe ofrece el caso actual más fuerte de una población no resuelta prístina o dominada por Población III; GLIMPSE-16043 sigue siendo candidata a la espera de espectroscopia decisiva; LAP1-B es una galaxia medida, extraordinariamente primitiva pero ya enriquecida. El campo ha pasado de firmas predichas a pruebas reales sin comprimir todos los resultados en un titular único de «primera detección».

8. Qué convertiría un candidato en una detección

Una identificación persuasiva comienza con un corrimiento al rojo seguro y un espectro que pueda probarse como un solo sistema físico. Necesita un campo ionizante estelar duro, límites estrictos de varios metales y coherencia entre luminosidades de líneas, anchuras equivalentes, continuo y tamaño de la fuente.[25,26,31–34] Después debe excluir núcleos activos, objetos compactos en acreción, choques y poblaciones estelares enriquecidas con la sensibilidad realmente alcanzada.

Ninguna lista universal puede eliminar todos los supuestos. Una región genuinamente mixta de Población II/III puede contener líneas metálicas y aun albergar estrellas prístinas; un cúmulo recién autoenriquecido puede mostrar metales producidos por sus propias primeras supernovas. La espectroscopia espacialmente resuelta y las observaciones repetidas pueden separar componentes y comprobar si una señal sigue la morfología esperada. Los códigos de población independientes son especialmente valiosos cuando el resultado reclamado es una función de masas y no solo un espectro duro.

Los sistemas de Población III más detectables no tienen por qué contener las estrellas cronológicamente primeras. Bolsas prístinas posteriores pueden formarse en halos mayores, quedar detrás de lentes favorables o aparecer junto a galaxias luminosas que facilitan su localización.[23,28,31] La búsqueda no es solo una carrera hacia el mayor corrimiento al rojo. Es una búsqueda de la conjunción más limpia de composición, radiación y entorno.

Esa lógica explica cómo la ciencia puede saber mucho antes de ver un objeto etiquetado. La física atómica restringe el enfriamiento y los espectros; las simulaciones traducen esa física a poblaciones; la arqueología prueba las explosiones; el JWST prueba la luz no resuelta. Cada puente es corregible. QTC-016 comienza cuando esos primeros ciclos han aportado suficientes elementos pesados y sólidos para hacer posibles los planetas, aunque persistan bolsas prístinas aisladas.

En qué punto estamos

Una detección se ganará por convergencia, no por una sola línea espectacular: geometría segura, espectro estelar duro, límites multielemento, lente controlada y alternativas fallidas. Mientras tanto, los candidatos ya pueden probar con fuerza la teoría. El logro no consiste en fingir que la incertidumbre desapareció, sino en hacer explícita cada capa observacional y dependiente de modelos.

Lo que sabemos y cómo lo sabemos

- La nucleosíntesis del Big Bang produjo sobre todo hidrógeno y helio, por lo que la nucleosíntesis estelar fue necesaria antes de la formación enriquecida.[1,40]

- El enfriamiento molecular primordial, las simulaciones cosmológicas y métodos numéricos independientes respaldan la formación en gas cálido de minihalos y una función de masas elevada, no una masa única.[3–7]
- Las estrellas pobres en metales y sistemas gaseosos simples conservan restricciones químicas indirectas sobre supernovas tempranas, con degeneraciones conocidas por mezcla y enriquecimiento posterior.[17–21,35]
- La radiación dura capaz de ionizar helio y varios límites de líneas metálicas forman un diagnóstico de Población III más fuerte que cualquiera por separado.[11,12,32–34]
- El JWST ha confirmado sistemas excepcionalmente primitivos y candidatos fuertes a escala de población, como Hebe y LAP1-B, sin resolver todavía una estrella individual sin metales.[24–31]

Lo que todavía no sabemos

- La función inicial de masas exacta de la Población III, sus supervivientes de baja masa, su límite superior y su fracción de binarias.
- Cuánto contribuyó la Población III a la reionización y a las semillas de agujeros negros masivos posteriores.
- Si Hebe es Población III pura o mixta, y cómo su edad, masa estelar y función de masas dividen los modelos permitidos.
- Durante cuánto tiempo siguieron formando estrellas las bolsas prístinas y qué candidatos actuales superarán pruebas espectroscópicas más profundas.

Qué podría hacernos cambiar de opinión

- Un espectro estelar individual reproducible con límites de metalicidad que establezcan una estrella de Población III sin metales.
- Espectros o modelos de población independientes que demuestren que un candidato principal está alimentado por un objeto compacto en acreción o estrellas enriquecidas.
- Una simulación convergente y una muestra observacional que produzcan una función de masas de Población III semejante a la actual en vez de inclinada hacia masas altas.
- Un conjunto estadísticamente seguro de firmas de inestabilidad de pares, supervivientes sin metales o restricciones de 21 centímetros que revise materialmente la población permitida.

Si solo recuerdas una cosa

Hemos visto entornos candidatos fuertes y gas primitivo, pero identificar estrellas de Población III exige una conjunción de evidencias que separe la luz observada de la población estelar inferida para producirla.

Artículos relacionados

- QTC-004 — ¿Dónde se fabricaron los átomos de tu cuerpo?
- QTC-011 — La luz más antigua que podemos observar
- QTC-016 — Cómo se construye un planeta

Referencias

- [1] Ralf S. Klessen; Simon C. O. Glover. The First Stars: Formation, Properties, and Impact. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 61, 65–130 (2023). DOI 10.1146/annurev-astro-071221-053453. <https://doi.org/10.1146/annurev-astro-071221-053453>
- [2] Volker Bromm. Formation of the First Stars. *Reports on Progress in Physics* 76, 112901 (2013). DOI 10.1088/0034-4885/76/11/112901. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/76/11/112901>
- [3] Tom Abel; Greg L. Bryan; Michael L. Norman. The Formation of the First Star in the Universe. *Science* 295, 93–98 (2002). DOI 10.1126/science.1063991. <https://doi.org/10.1126/science.1063991>
- [4] Volker Bromm; Paolo S. Coppi; Richard B. Larson. The Formation of the First Stars. I. The Primordial Star-forming Cloud. *Astrophysical Journal* 564, 23–51 (2002). DOI 10.1086/323947. <https://doi.org/10.1086/323947>
- [5] Shingo Hirano et al. One Hundred First Stars: Protostellar Evolution and the Final Masses. *Astrophysical Journal* 781, 60 (2014). DOI 10.1088/0004-637X/781/2/60. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/781/2/60>
- [6] Thomas H. Greif et al. Formation and evolution of primordial protostellar systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 424, 399–415 (2012). DOI 10.1111/j.1365-2966.2012.21212.x. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2012.21212.x>
- [7] Athena Stacy; Volker Bromm; Aaron T. Lee. Building up the Population III initial mass function from cosmological initial conditions. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 462, 1307–1328 (2016). DOI 10.1093/mnras/stw1728. <https://doi.org/10.1093/mnras/stw1728>
- [8] Dmitriy Tseliakhovich; Christopher Hirata. Relative velocity of dark matter and baryonic fluids and the formation of the first structures. *Physical Review D* 82, 083520 (2010). DOI 10.1103/PhysRevD.82.083520. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.82.083520>
- [9] Zoltán Haiman; Martin J. Rees; Abraham Loeb. Destruction of Molecular Hydrogen during Cosmological Reionization. *Astrophysical Journal* 476, 458–463 (1997). DOI 10.1086/303647. <https://doi.org/10.1086/303647>
- [10] Marie E. Machacek; Greg L. Bryan; Tom Abel. Simulations of Pregalactic Structure Formation with Radiative Feedback. *Astrophysical Journal* 548, 509–521 (2001). DOI 10.1086/319014. <https://doi.org/10.1086/319014>
- [11] Daniel Schaerer. On the properties of massive Population III stars and metal-free stellar populations. *Astronomy & Astrophysics* 382, 28–42 (2002). DOI 10.1051/0004-6361:20011619. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20011619>
- [12] Daniel Schaerer. The transition from Population III to normal galaxies: Ly α and He II emission and the ionising properties of high redshift starburst galaxies. *Astronomy & Astrophysics* 397, 527–538 (2003). DOI 10.1051/0004-6361:20021525. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20021525>
- [13] A. Heger; S. E. Woosley. The Nucleosynthetic Signature of Population III. *Astrophysical Journal* 567, 532–543 (2002). DOI 10.1086/338487. <https://doi.org/10.1086/338487>

- [14] Alexander Heger; S. E. Woosley. Nucleosynthesis and Evolution of Massive Metal-Free Stars. *Astrophysical Journal* 724, 341–373 (2010). DOI 10.1088/0004-637X/724/1/341. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/724/1/341>
- [15] Planck Collaboration. Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters. *Astronomy & Astrophysics* 641, A6 (2020). DOI 10.1051/0004-6361/201833910. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833910>
- [16] Brant E. Robertson et al. Cosmic Reionization and Early Star-forming Galaxies: A Joint Analysis of New Constraints from Planck and the Hubble Space Telescope. *Astrophysical Journal Letters* 802, L19 (2015). DOI 10.1088/2041-8205/802/2/L19. <https://doi.org/10.1088/2041-8205/802/2/L19>
- [17] Anna Frebel; John E. Norris. Near-Field Cosmology with Extremely Metal-Poor Stars. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 53, 631–688 (2015). DOI 10.1146/annurev-astro-082214-122423. <https://doi.org/10.1146/annurev-astro-082214-122423>
- [18] N. Christlieb et al. A stellar relic from the early Milky Way. *Nature* 419, 904–906 (2002). DOI 10.1038/nature01142. <https://doi.org/10.1038/nature01142>
- [19] S. C. Keller et al. A single low-energy, iron-poor supernova as the source of metals in the star SMSS J031300.36–670839.3. *Nature* 506, 463–466 (2014). DOI 10.1038/nature12990. <https://doi.org/10.1038/nature12990>
- [20] Hideyuki Umeda; Ken’ichi Nomoto. First-generation black-hole-forming supernovae and the metal abundance pattern of a very iron-poor star. *Nature* 422, 871–873 (2003). DOI 10.1038/nature01571. <https://doi.org/10.1038/nature01571>
- [21] Ryan J. Cooke; Max Pettini; Charles C. Steidel. Discovery of the most metal-poor damped Lyman- α system. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 467, 802–811 (2017). DOI 10.1093/mnras/stx037. <https://doi.org/10.1093/mnras/stx037>
- [22] Volker Bromm; Abraham Loeb. The formation of the first low-mass stars from gas with low carbon and oxygen abundances. *Nature* 425, 812–814 (2003). DOI 10.1038/nature02071. <https://doi.org/10.1038/nature02071>
- [23] L. Tornatore; A. Ferrara; R. Schneider. Population III stars: hidden or disappeared? *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 382, 945–950 (2007). DOI 10.1111/j.1365-2966.2007.12215.x. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2007.12215.x>
- [24] Roberto Maiolino et al. JADES: Possible Population III signatures at $z = 10.6$ in the halo of GN-z11. *Astronomy & Astrophysics* 687, A67 (2024). DOI 10.1051/0004-6361/202347087. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202347087>
- [25] Hannah Übler et al. GA-NIFS and JADES: Confirmation of pristine gas near GN-z11. Accepted in *Astronomy & Astrophysics*; arXiv v2, 22 July 2026 (2026). DOI 10.48550/arXiv.2603.20360. <https://arxiv.org/abs/2603.20360v2>
- [26] Elka Rusta et al. The Pristine He II Emitter near GN-z11: Constraining the Mass Distribution of the First Stars. *The Astrophysical Journal Letters* 1003, L14 (2026). DOI 10.3847/2041-8213/ae64e1. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ae64e1>

- [27] Seiji Fujimoto et al. GLIMPSE: An Ultrafaint $\approx 10^5 M_{\odot}$ Pop III Galaxy Candidate and First Constraints on the Pop III UV Luminosity Function at $z \approx 6-7$. *Astrophysical Journal* 989, 46 (2025). DOI 10.3847/1538-4357/ade9a1. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ade9a1>
- [28] E. Vanzella et al. An extremely metal-poor star complex in the reionization era: Approaching Population III stars with JWST. *Astronomy & Astrophysics* 678, A173 (2023). DOI 10.1051/0004-6361/202346981. <https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2023/10/aa46981-23/aa46981-23.html>
- [29] Kimihiko Nakajima et al. An ultra-faint, chemically primitive galaxy forming in the reionization era. *Nature* 653, 363–367 (2026). DOI 10.1038/s41586-026-10374-1. <https://doi.org/10.1038/s41586-026-10374-1>
- [30] Eli Visbal; Ryan Hazlett; Greg L. Bryan. LAP1-B is the First Observed System Consistent with Theoretical Predictions for Population III Stars. *Astrophysical Journal Letters* 993, L17 (2025). DOI 10.3847/2041-8213/ae122f. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ae122f>
- [31] Alessandra Venditti et al. How can we finally see the first light? Status and perspective in the search for Population III stars. *arXiv v2*, 19 August 2026 (2026). DOI 10.48550/arXiv.2607.00167. <https://arxiv.org/abs/2607.00167v2>
- [32] K. Nakajima; R. Maiolino. Diagnostics for PopIII galaxies and direct collapse black holes in the early universe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 513, 5134–5147 (2022). DOI 10.1093/mnras/stac1242. <https://academic.oup.com/mnras/article/513/4/5134/6570722>
- [33] Harley Katz; Taysun Kimm; Richard S. Ellis; Julien Devriendt; Adrienne Slyz. The challenges of identifying Population III stars in the early Universe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 524, 351–360 (2023). DOI 10.1093/mnras/stad1903. <https://doi.org/10.1093/mnras/stad1903>
- [34] James A. A. Trussler et al. On the observability and identification of Population III galaxies with JWST. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 525, 5328–5352 (2023). DOI 10.1093/mnras/stad2553. <https://doi.org/10.1093/mnras/stad2553>
- [35] Irene Vanni; Stefania Salvadori; Ása Skúladóttir; Martina Rossi; Ioanna Koutsouridou. Characterizing the true descendants of the first stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 526, 2620–2644 (2023). DOI 10.1093/mnras/stad2910. <https://doi.org/10.1093/mnras/stad2910>
- [36] Brian Welch et al. A highly magnified star at redshift 6.2. *Nature* 603, 815–818 (2022). DOI 10.1038/s41586-022-04449-y. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04449-y>
- [37] Thomas H. Greif et al. Simulations on a Moving Mesh: The Clustered Formation of Population III Protostars. *Astrophysical Journal* 737, 75 (2011). DOI 10.1088/0004-637X/737/2/75. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/737/2/75>
- [38] Christopher F. McKee; Jonathan C. Tan. The Formation of the First Stars. II. Radiative Feedback Processes and Implications for the Initial Mass Function. *Astrophysical Journal* 681, 771–797 (2008). DOI 10.1086/587434. <https://doi.org/10.1086/587434>
- [39] John H. Wise et al. The Birth of a Galaxy: Primordial Metal Enrichment and Stellar Populations. *Astrophysical Journal* 745, 50 (2012). DOI 10.1088/0004-637X/745/1/50. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/745/1/50>

[40] B. D. Fields; P. Molaro; S. Sarkar / Particle Data Group. Big-Bang Nucleosynthesis. Review of Particle Physics, section 24 (2024). DOI 10.1103/PhysRevD.110.030001.

<https://pdg.lbl.gov/2024/reviews/rpp2024-rev-bbang-nucleosynthesis.pdf>

[41] Roberto Maiolino et al. The search for Population III: Confirmation of a HeII emitter with no metal lines at $z=10.6$. arXiv v4, 6 April 2026; submitted to MNRAS (2026). DOI

10.48550/arXiv.2603.20362. <https://arxiv.org/abs/2603.20362v4>