

# SgrA\*: nuestro aletargado monstruo galáctico

EN 2002 SE CONFIRMÓ LA EXISTENCIA DE UN AGUJERO NEGRO (SUPER)MASIVO EN EL NÚCLEO DE LA VÍA LÁCTEA. ¿QUÉ HEMOS AVERIGUADO SOBRE ÉL DESDE ENTONCES?

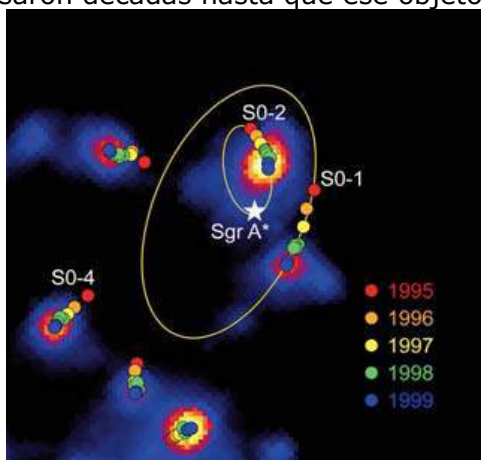
Por Silbia López de Lacalle

**HABRÁN OÍDO HABLAR DE ÉL: NUESTRA GALAXIA, LA VÍA LÁCTEA, ESCONDE EN SU REGIONES CENTRALES UN MONSTRUO** hambriento con más de cuatro millones de veces la masa del Sol... un agujero negro supermasivo conocido como Sagitario A Estrella (también Sagitario A\* o SgrA\*).

Aunque esta introducción puede disparar nuestra imaginación -sobre todo la de quienes saben algo de los agujeros negros supermasivos en los núcleos de otras galaxias-, y llevarnos a pensar en enormes cantidades de materia cayendo hacia el pozo gravitatorio y en una producción de energía igualmente enorme, la realidad de SgrA\* es mucho más plácida y menos espectacular: según los expertos, se trata de un agujero negro más bien masivo (a secas, sin el súper), que se halla en un estado de letargo y que no dispone de la capacidad de los otros, los activos, para convertir la materia en energía. Sin embargo, se cree que muchos de los agujeros negros de los núcleos galácticos podrían incluirse en esta categoría de objetos durmientes y, además, Sagitario A\* es el único que se encuentra lo suficientemente cerca como para poder estudiar en detalle su entorno, sus características y su comportamiento e, incluso, para fotografiarlo.

## El descubrimiento

Aunque el objeto que hoy conocemos como Sagitario A\* se descubrió en 1974, pasaron décadas hasta que ese objeto puntual que detectaron los radiotelescopios



Órbitas de las estrellas cercanas a SgrA\*.  
Fuente: *Nature News & Views*

en las regiones centrales de la Vía Láctea fuera confirmado como un agujero negro supermasivo. Por un lado, parecía demasiado débil comparado con otros objetos de las mismas características y, por otro, había que descartar otras posibilidades midiendo su masa y demostrando que se hallaba concentrada en un volumen muy pequeño. A finales del siglo pasado se obtuvo una primera evidencia, gracias al meticuloso estudio del movimiento de las estrellas cercanas: no solo detectaron velocidades extremas (1.500 kilómetros por segundo) en órbitas muy pequeñas en torno a SgrA\*, sino que hallaron que la velocidad de las estrellas aumentaba hacia las cercanías

del objeto (algo similar a lo que ocurre con los planetas del Sistema Solar), lo que constituye un claro indicio de que se encuentran bajo la influencia de un campo gravitatorio muy intenso que debe ser causado, además, por un objeto muy compacto. En 2002 se determinó, además, con una precisión inédita la órbita de la estrella S2, que dibuja una elipse muy pronunciada en torno a SgrA\* y que, en el punto de máximo acercamiento, se sitúa a unas tres veces la distancia que existe entre el Sol y Plutón. Gracias a los datos sobre las órbitas estelares (y a tres obtenidos con redes de radiotelescopios) se pudo calcular la masa de Sagitario A\*,



Arriba: zoom al centro galáctico en rayos X que muestra una región de unos cuatro años luz.  
Fuente: NASA/CXC/MIT/F.K. Baganoff et al./E. Slawik.

En pequeño, de arriba abajo: imagen en radio que muestra los brazos de gas ionizado (VLA); imagen en infrarrojo que desvela la existencia de polvo (VISIR/VLT); imagen en rayos X que muestra el gas caliente (Chandra). Todas ellas muestran una región de unos cinco años luz.

que equivale a unos cuatro millones de soles, y se confirmó que se halla contenida en un volumen muy reducido. Ya no cabía duda: habían encontrado el agujero negro central de la Vía Láctea.

### Masivo y aletargado

Antes del hallazgo de Sagitario A\* ya se suponía que la mayoría de las galaxias debían de tener un agujero negro supermasivo en su centro. Esta suposición surgía del estudio de las galaxias activas, objetos en los que la energía, muy superior a la que pueden producir las estrellas que forman la galaxia, se halla concentrada en la región central. Aunque existen diversos tipos, la visión actual defiende que todas las galaxias activas responden a un mismo fenómeno: la presencia de un agujero negro supermasivo rodeado de un disco de gas en el núcleo galáctico. Es la materia

existente en torno al agujero negro la que, en su proceso de caída, libera energía, y en algunos casos se observan también chorros de partículas perpendiculares perpendiculares al disco que viajan a velocidades cercanas a la de la luz (los jets relativistas).

La enorme distancia a la que se encuentran las galaxias activas, sobre todo los cuásares, las sitúa en el universo primitivo: como su luz tarda miles de millones de años en alcanzarnos estamos viendo una etapa pasada, en la que la actividad nuclear parecía ser abundante; y los astrónomos dedujeron que los agujeros negros supermasivos que brillaban en el pasado deben estar presentes también en el universo actual, aunque quizá en estado latente.

Ese es, precisamente, el caso del agujero negro central de la Vía Láctea. Rainer Schödel, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y experto en SgrA\*, lo resume de forma muy clara: "Sagitario A\* mantiene una corriente de materia cayendo hacia él, o flujo de acreción, pero carece de un disco de acrecimiento; tampoco muestra la estructura toroidal de gas y polvo común a las galaxias activas -aunque algunos sugieren que las nubes moleculares que forman lo que se conoce como anillo circumnuclear son un vestigio de esta estructura-; y tampoco hay evidencias claras de que exista un jet, aunque hay quien argumenta que podría existir uno, pero intermitente. Además, su emisión es muy débil y su capacidad para convertir materia en energía es varios órdenes de magnitud más baja que la de los cuásares. En definitiva, SgrA\* no es un núcleo activo".

Así que la foto ha cambiado bastante. Entonces, ¿cómo es y cómo funciona este

### **La capacidad de SgrA\* de convertir materia en energía es varios órdenes de magnitud más baja que la de los cuásares**

monstruo dormido? En el caso de SgrA\*, la falta de referentes (fue el primer agujero negro supermasivo hallado en estado de letargo), se compensa con la cercanía. Se entiende que la principal causa de la debilidad de Sagitario A\* reside en que no hay una nube de gas denso y abundante lo suficientemente cerca; además, se cree que la frugal dieta de SgrA\* se compone del viento estelar de un grupo de estrellas jóvenes próximas, pero solo de un pequeño porcentaje de este. Una incapacidad para absorber material que parece deberse, en cierto sentido, a la alta velocidad del viento estelar, y que explicaría el hecho de que SgrA\* sea mucho menos luminoso de lo que debiera teniendo en cuenta la cantidad de gas disponible en su entorno (se calcula que dispone de una milésima de masa solar por año, equivalente a más de trescientos planetas Tierra, pero que solo absorbe en torno a la millonésima parte de esa cantidad).

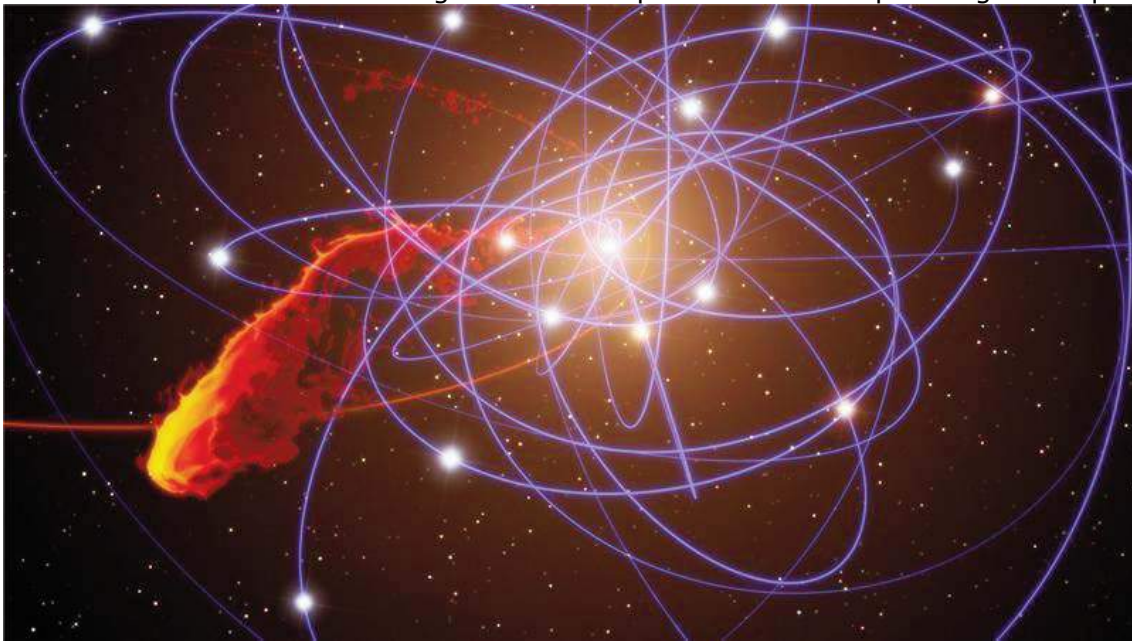
Otra causa de la debilidad de Sagitario A\* reside en la propia forma del flujo de acreción: el material no forma un disco fino, donde el gas se calienta debido a la fricción y emite energía, sino que se configura como un disco muy grueso que cae directamente hacia el agujero negro sin dejar "testimonio" de su existencia.

Y hay un tercer factor que conspira para que SgrA\* brille poco, ya que se predice que debe existir un viento muy fuerte que emana de él y que provocaría la pérdida de un alto porcentaje del material del flujo antes de alcanzar la región en la que la fuerza de gravedad del agujero negro lo absorbería.

### Comportamiento variable

Además, un trabajo publicado en 2008 halló que el flujo de material que absorbe el agujero negro debería variar en escalas de unos diez a cien años debido a la excentricidad de las órbitas de estas estrellas -cuando se aproximan a su pericentro, o región de la órbita más cercana a SgrA\*, una gran parte del viento es directamente capturado por este, incrementando su luminosidad-. También, aunque en menor medida, la caída ocasional de "grumos" de gas frío contribuiría a aumentos ocasionales en su emisión.

La variabilidad de Sagitario A\* era un fenómeno ya conocido. Desde hace años se viene observando que, varias veces al día, se producen fulguraciones, es decir, aumentos de su emisión en infrarrojos y en rayos X, que pueden multiplicarse hasta por diez y cien veces respectivamente. El origen de estas fulguraciones ha propiciado varias teorías: un grupo de astrónomos planteó en un artículo reciente que estos estallidos podrían deberse a la existencia, en torno a SgrA\*, de un enjambre de cuerpos menores (asteroides y cometas) "huérfanos" que, atraídos por su campo gravitatorio, fueran cayendo ocasionalmente hacia el agujero negro. Al interaccionar con el gas circundante se desintegrarían de modo similar a las estrellas fugaces en nuestra atmósfera, produciendo picos de luminosidad. Otra explicación atribuye las fulguraciones a procesos relacionados con el campo magnético, semejantes a los fenómenos explosivos que tienen lugar en el Sol y que se deben a la liberación de energía acumulada por líneas de campo magnético que



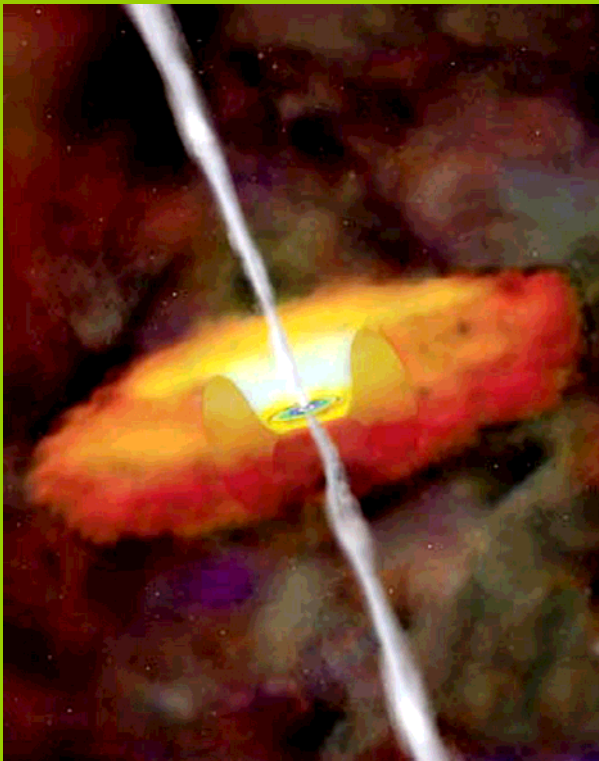
Concepción artística de la nube de gas hallada en las proximidades de Sagitario A\* que puede que produzca una nueva fase de actividad.

Fuente: ESO/MPE/Marc Schartmann

han sufrido una fuerte torsión. No obstante, esta variabilidad de SgrA\* no debería sorprendernos y probablemente no haga falta recurrir a ideas muy exóticas para explicarla: "algunos trabajos consideran que las fulguraciones son algo especial, pero es posible que solo sean el pico visible de una variabilidad permanente en Sagitario A\*. Cualquier flujo de acrecimiento en el universo tiene inestabilidades que hacen variar la emisión, se trata de un fenómeno corriente", asegura Rainer Schödel (IAACSIC).

Sin embargo, sí que se han registrado eventos especialmente llamativos. En 2005, el satélite Integral (ESA) descubrió que hace trescientos cincuenta años SgrA\* experimentó una etapa de actividad que debió durar una década y que aumentó su emisión casi un millón de veces, inundando de energía en rayos gamma el espacio circundante. Esa radiación prosiguió su viaje hasta, trescientos cincuenta años

Este esquema muestra los rasgos típicos de las galaxias activas. A diferencia de estas, Sagitario A\* carece de disco de acrecimiento, de un toroide de gas y polvo y de jets (hay quien argumenta que tiene un jet intermitente).



**"En definitiva, SgrA\* no es un núcleo activo"**

después, alcanzar a Sgr B2, una nube de hidrógeno que actuó como un espejo natural y comenzó a brillar en rayos gamma y rayos X, desvelando la actividad pasada de Sagitario A\*. Algo similar fue detectado en 2007 por el satélite de rayos X Chandra (NASA), pero acaecido hace unos sesenta años y con menor intensidad -la emisión aumentó unas cien mil veces-. Estos hallazgos podrían interpretarse, siguiendo una de las líneas anteriores, como picos particularmente intensos en la actividad natural de SgrA\*, un escenario que, además, parece encajar bien con la variabilidad en escalas de diez a cien años ya planteada. Sin embargo, el caso desvelado por Integral genera más dudas dada su intensidad y se ha propuesto que, quizá, una nube de gas frío produjera este fenómeno. De hecho, puede que en los próximos años tenga lugar un fenómeno parecido: a principios de este año se anunciaba el hallazgo de una nube de gas -del tamaño del Sistema Solar y con una masa equivalente a tres veces la de la Tierra- en las cercanías de Sagitario A\*. Con una velocidad de dos mil quinientos kilómetros por segundo, ya presenta signos de estar siendo deformada por la fuerza gravi-

tatoria del agujero negro y se espera que en 2013 se acerque a tan solo treinta y seis horas luz de Sagitario A\*. Los astrónomos creen que la nube irá desgarrándose en filamentos y cayendo hacia el agujero negro, lo que generará un nuevo periodo de actividad y aportará información de primera mano sobre su funcionamiento.

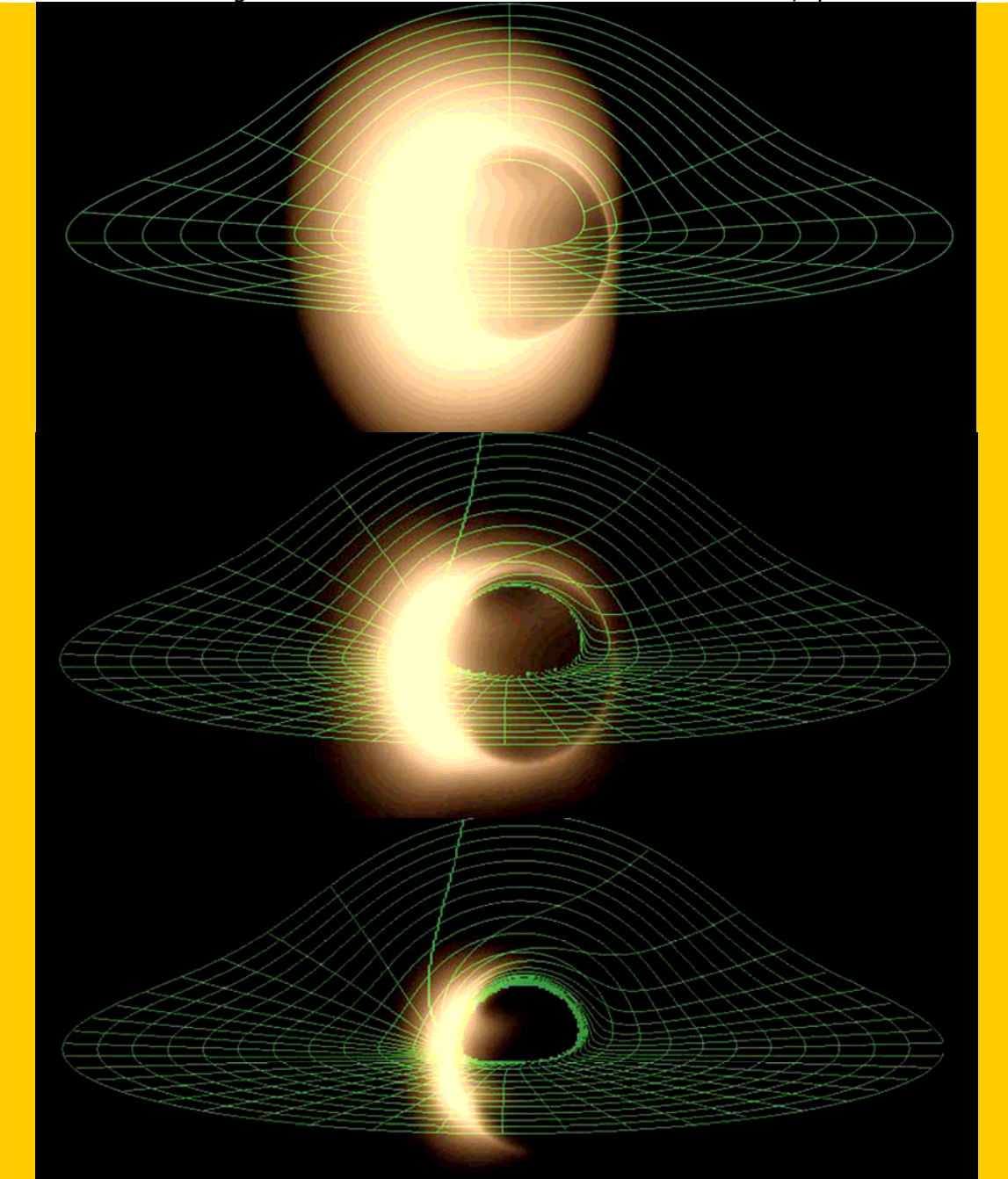
### **Lo que queda pendiente**

Quizá uno de los aspectos más atractivos de Sagitario A\* resida, precisamente, en lo mucho que nos queda por conocer. Superada la primera decepción al descubrir el carácter "inofensivo" de nuestro aletargado agujero negro masivo, resulta fascinante comprobar a qué velocidad avanza la investigación sobre él o el poco tiempo que falta para que desvelemos aspectos cruciales.

Por ejemplo, desconocemos cómo rota SgrA\*, lo que constituye una de sus características principales junto con su masa y localización exacta y que proporcionaría información sobre su historia y sobre la de la Vía Láctea. En 2011 se presentó un trabajo que combinaba modelos teóricos con observaciones de distintos agujeros negros supermasivos y que, a raíz del estudio de sus jets, planteaba que aquellos que han crecido alimentándose de la materia existente a su alrededor apenas mostrarán rotación, en tanto que los que crecen mediante la fusión con otros agujeros negros supermasivos rotarán rápidamente. Y esto se relaciona con una peculiaridad de Sagitario A\*: "Es un agujero negro relativamente pequeño para encontrarse en una galaxia tan grande como la Vía Láctea. Sin embargo, La Vía Láctea tampoco es una galaxia del todo normal para su tamaño,

porque casi no tiene bulbo. Esto significa que no ha sufrido fusiones importantes con otras galaxias, que es como se forman los bulbos y, en paralelo, crecen los agujeros negros supermasivos”, aclara Rainer Schödel (IAA). De modo que determinar cómo rota SgrA\* se presenta como el siguiente desafío para conocer su historia, y los astrónomos confían en averiguarlo en pocos años mediante un instrumento, GRAVITY, que se instalará en el *Very Large Telescope* (ESO) y que permitirá seguir las órbitas de estrellas muy próximas a SgrA\* -a tan solo veinte veces la distancia que separa la Tierra del Sol-.

Otra cuestión pendiente, y que se espera aclarar también en los próximos años, es la estructura de Sagitario A\*. Gracias a la interferometría en radio, que combina las



Modelos de lo que se espera observar cuando dispongamos de la capacidad observacional para fotografiar a SgrA\* (todas ellas tienen un ángulo de inclinación de diez grados). La imagen superior corresponde al agujero negro sin rotación, la central a una rotación moderada y la inferior a una rotación rápida. Fuente: *Canadian Institute for Theoretical Astrophysics*.

imágenes de varios radiotelescopios y alcanza una resolución similar a la de una antena con un diámetro equivalente a la distancia que los separa, sabemos que

SgrA\* mide unos cincuenta millones de kilómetros (¡cuatro millones de masas solares en un tercio de la distancia Tierra-Sol!) y que, si el flujo de acreción dibuja un círculo en torno al agujero negro, posiblemente lo estamos viendo "de canto" o de forma oblicua, pero no de frente. El equipo que realizó este estudio está intentando aumentar la red de radiotelescopios disponible para, según sus palabras, alcanzar una resolución capaz de distinguir desde Washington los detalles de una moneda sostenida por alguien en Los Ángeles, y ser capaces de sacar una foto de SgrA\*. Obviamente, la definición de estos objetos, que no emiten ni reflejan luz, impide tomar imágenes del agujero en sí, pero no de lo que se conoce como horizonte de sucesos, o región a partir de la que su fuerza de gravedad no es suficiente para absorber la luz. Y eso nos desvelará la silueta de SgrA\*, algo nunca obtenido y que, incluso, parecía imposible hace apenas cinco años. La pregunta es obvia, dada la velocidad a la que avanza este campo: ¿qué nos depararán los cinco años próximos?.

**Silbia LÓPEZ DE LACALLE (IAA\_CSIC)**

**Este artículo aparece en el número 37, julio 2012,  
de la revista *Información y Actualidad Astronómica*,  
del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA\_CSIC)**