



**ESPECIALIZACIÓN EN ESTRATEGIA OPERACIONAL Y PLANEAMIENTO  
MILITAR CONJUNTO**

**TRABAJO FINAL INTEGRADOR**

**TEMA: Aportes y capacidades de los cazas de quinta generación en los entornos multidominio**

**AUTOR/A: Mayor Gerardo Codrington**

**TUTOR/A: Vicecomodoro Fernando Exequiel Martínez**

**AÑO: 2024**

“Las ideas expuestas sólo representan la postura personal del autor, por lo que son de su absoluta responsabilidad, no reflejando en consecuencia la opinión de la Escuela Superior de Guerra Conjunta de la Facultad Militar Conjunta de la Universidad de la Defensa Nacional”

## **Resumen**

Las aeronaves de combate caza de quinta generación han emergido como una pieza fundamental en los conflictos multidominio del siglo XXI, desempeñando un papel crucial en la superioridad aérea y la proyección del poder militar. Estas aeronaves avanzadas, como el F-22 Raptor, el F-35 Lightning II, el Sukhoi Su-57 y el Chengdu J-20, han revolucionado las operaciones aéreas al combinar capacidades furtivas, aviónica de última generación y sistemas de armas sofisticados.

En un entorno de guerra multidominio, los cazas de quinta generación se destacan por su capacidad para operar en entornos altamente desafiantes y negados, al tiempo que garantizan una superioridad aérea sin precedentes. Su tecnología les permite evadir la detección de radares enemigos y llevar a cabo misiones de ataque de forma sigilosa y efectiva. Además, su aviónica avanzada y sistemas de comunicaciones integrados les brindan una conciencia situacional incomparable, permitiéndoles coordinar con eficacia operaciones conjuntas en tierra, mar y aire.

Estos cazas de quinta generación han demostrado su versatilidad en una variedad de escenarios, desde misiones de combate aéreo hasta apoyo aéreo cercano y operaciones de ataque de precisión. Su capacidad para integrarse con otros activos militares, como drones, buques de guerra y sistemas terrestres, ha redefinido la forma en que se llevan a cabo las operaciones conjuntas y ha aumentado la letalidad de las fuerzas armadas en su conjunto.

Los cazas de quinta generación han establecido un nuevo estándar en cuanto a capacidades operativas y han demostrado ser activos invaluable en los conflictos multidominio modernos, contribuyendo significativamente a la superioridad militar y a la seguridad nacional de las naciones que los emplean.

Por lo expuesto, en el presente trabajo se describirán las características de las tecnologías en los caza de quinta generación y cómo estas aumenta su letalidad en entornos multidominio.

## **Palabras Claves**

Cazas de quinta generación, letalidad, entornos multidominio, furtividad, tecnología.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	ii
Palabras Claves .....	ii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	5
La evolución de las aeronaves de caza.....	5
Primera, segunda y tercera generación de cazas a reacción.....	5
Cuarta generación de cazas a reacción.....	7
Cuarta generación y media de cazas a reacción .....	7
Quinta generación de cazas a reacción .....	8
La sinergia de la furtividad y la información.....	11
CAPÍTULO II .....	12
Los entornos multidominio .....	12
Evolución del concepto multidominio .....	13
Enfoque de la República Federativa de Rusia .....	15
Enfoque de la República Popular de China .....	17
Importancia de las Operaciones Aéreas y Espaciales en los Entornos Multidominio .....	18
Uso del poder aéreo como factor determinante en los nuevos entornos operativos .....	19
CAPÍTULO III.....	20
Las amenazas aérea actuales .....	20
Antiacceso y denegación de área .....	21
Integración de cazas de cuarta y quinta generación.....	23
El cambio de la guerra aérea .....	25
CONCLUSIÓN.....	28
BIBLIOGRAFÍA .....	31

## INTRODUCCIÓN

La guerra aérea moderna representa un cambio paradigmático en la forma en que se llevan a cabo las operaciones militares, especialmente en entornos multidominio. Este enfoque se fundamenta en la integración de capacidades avanzadas, como la furtividad, los sensores de última generación, el armamento de precisión y la conectividad robusta. Estas características permiten a los cazas de quinta generación (C5G) no solo dominar el espacio aéreo, sino también desempeñar un papel crucial en la sincronización de efectos a través de múltiples dominios, incluyendo tierra, mar, espacio y ciberespacio.

Los C5G aportan ventajas decisivas al permitir una proyección de fuerza efectiva a lo largo de amplias áreas operativas con la capacidad de compartir información en tiempo real con otras plataformas y unidades, mejorando así la conciencia situacional y facilitando la toma de decisiones informadas. Esto es especialmente relevante en un contexto donde el tiempo es un recurso crítico y donde las decisiones deben tomarse rápidamente para mantener la iniciativa sobre un adversario. Además, la interconexión entre los diferentes dominios permite que estas aeronaves actúen como nodos dentro de una red más amplia, optimizando la coordinación y la ejecución de operaciones multidominio.

La Estrategia de Defensa Nacional de Estados Unidos de América (EE.UU.) del año 2018 describía el futuro de las operaciones como un ambiente global de seguridad compleja en continua expansión, caracterizada por desafíos no definidos para liberar y abrir el orden internacional y el surgimiento de competidores estratégicos de largo plazo entre naciones. Los campos de batalla se distinguirán por ser más letales y disruptivos, con el uso combinado de dominios y conducidos a grandes velocidades y alcances. Algunos competidores y adversarios buscarán optimizar su capacidad de afectación a través de las redes de información de combate y conceptos operacionales propios, mientras también utilizan otras áreas de competición en plano del corto plazo para lograr sus fines (Cortés, 2022).

Como resultado todo se resume en quien tiene la capacidad de evaluar, valorar el ambiente y tomar acciones más rápido que su oponente. Las victorias son el resultado de quien tiene la capacidad de decidir rápido y acelerar la cadena de exterminio. Las tecnologías actuales deben avanzar rápidamente hacia el futuro digital. A medida que los campos de batalla modernos cambian hacia dominios de combate más lejanos, distribuidos, progresivos y complejamente interconectados, es de extrema importancia asegurar las comunicaciones,

las coordinaciones y la ejecución. Asegurar esas fuerzas en el espacio, ciberespacio, el aire, la tierra y el mar, para facilitar el apoyo de operaciones cinéticas y no cinéticas, es crítico.

En base a los efectos nocivos que puedan producir los posibles adversarios y en particular por la estrecha vinculación del ciberespacio con los instrumentos del poder militar tradicionales, deberá prestarse especial atención a los dominios no físicos. Esto obligará a operar de una forma más ágil, flexible e interoperable, operando en red y de una forma sincronizada, siendo la única manera de poseer agilidad entre dominios para hacer frente a las distintas acciones a los que nos encontraremos sometidos por la actuación del adversario. El incremento del acceso a ámbitos no físicos y el progreso tecnológico creciente en sectores como la cibernética, energía dirigida, nanotecnología, robótica y la biotecnología o *Bigdata* incrementarán drásticamente la complejidad de las interrelaciones entre dominios (Cortés, 2022).

La superioridad en entornos multidominio solo se logrará a través de un conocimiento completo de la situación basada en datos y sistemas avanzados de análisis para apoyar tomas de decisiones rápidas y más precisas. Esta nueva forma de operar requerirá un grado de procesamiento, automatización e integración mucho mayor que el actual a lo largo de todo el ciclo de la misión, desde su planeamiento a su ejecución y posterior valoración. Es por ello que surge la necesidad de operar en red, de la conectividad y de la denominada nube de combate.

La importancia y eficacia de los sistemas de armas operando en esta nube de combate no estará basada en lo que pueden efectuar de forma aislada, sino en lo que son capaces de aportar a los demás elementos del sistema integral de combate. La prioridad de la red será la conectividad, la libre circulación de la información y la transferencia de datos entre plataformas aéreas y el sistema de mando y control hacia otros mandos componentes, lo que incrementará la capacidad de decisión a todos los niveles y las opciones tácticas de empleo de armas y sensores (Cortés, 2022).

La República Popular China (RPC) y la República Federativa de Rusia (RFR) han observado las operaciones militares de las naciones de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y han aplicado las lecciones aprendidas para crear y diseñar sus respectivas capacidades de defensa. Estas naciones han analizado como EE.UU principalmente, ha aplicado el poder aéreo utilizando aeronaves como el F-15, F-16 y F/A-

18, diseñando sus defensas para erosionar las ventajas de estos medios. A su vez han tomado provecho de los vacíos que se produjeron en el escenario mundial producto de las cargas que generaron Afganistán e Iraq, usando este tiempo para avanzar en sus intereses y desarrollar tecnologías de vanguardia como los cazas de quinta generación (C5G) y capacidades de antiacceso y denegación de área (A2/AD, del inglés anti-acces/area denial) (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

La estrategia de estas dos naciones busca negar a sus oponentes la capacidad de entrar y maniobrar con libertad en las regiones de interés. El uso de armamento y capacidades A2/AD son estrategias de largo plazo para asegurar la influencia regional y el poder de ambas naciones. Los arsenales de misiles superficie aire (SAM, del inglés urface to air missile), las aeronaves de caza de quinta generación y el armamento avanzado son los elementos fundamentales para esta postura.

China en particular, está buscando agresivamente actualizar sus sistemas SAM con grandes inversiones en investigación y desarrollo. Posee una de las fuerzas más avanzadas y grandes de sistemas SAM de largo alcance en el mundo, que incluyen modelos rusos como el SA-20 y SA-21 y modelos indios como el HQ-9, siendo altamente letales contra aeronaves de cuarta generación. Lo que Rusia y China buscan es que al tratar de entrar en ambientes A2/AD con el correspondiente costo en vidas humanas y material, se decida por parte de las naciones de Occidente, que las operaciones militares no sean aceptables e inviables desde la perspectiva política (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

Rusia ha desarrollado el Su-57 para superioridad aérea y China ha desarrollado el J-20 para el mismo rol y el J-31 similar al F-35 americano. El Su-57 está todavía en una etapa temprana y limitada de producción, pero China está potenciando su producción de cazas avanzados y está en condiciones de fabricar en masa el modelo J-20 con el objetivo de producir en grandes cantidades cazas de quinta generación para superioridad aérea (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

Ganar la superioridad aérea es el primer paso para poder controlar estas amenazas. Si no se puede asegurar el control de los cielos, ninguna otra forma de proyección de poder es viable, ya que sino las embarcaciones en el mar, los soldados en la tierra, las estaciones de transmisión de datos y los nodos cibernéticos no sobrevivirán a tal adversario.

Por lo expuesto, el problema de investigación es ¿qué ventajas brindan los cazas de quinta generación en las operaciones multidominio en los teatros de operaciones modernos? Para dar respuesta al interrogante de investigación el trabajo se centrará en la evolución de las aeronaves caza y sus conceptos de empleo. Posteriormente se analizarán los conceptos de diseño de los C5G y como estos últimos modificaron la forma de hacer la guerra aérea moderna en beneficio del resto de los dominios.

Por ende el análisis se limitará a los sistemas de quinta generación existentes, haciendo foco especialmente en los sistemas de armas que dispone EE.UU, principalmente el F-35 Lightning II siendo este último el sistema de armas de quinta generación más moderno y que es el fruto de las lecciones aprendidas de los años de desarrollo y empleo del F-22 Raptor.

Se establece como objetivo general describir las características de las tecnologías aplicadas en los cazas de quinta generación y como incrementan su letalidad en entornos multidominio. Para el logro de dicho objetivo, los objetivos específicos son los siguientes: analizar la evolución de las aeronaves cazas, analizar los entornos multidominio y describir las amenazas aéreas actuales.

La hipótesis del trabajo es la siguiente: los cazas de quinta generación, dotados de capacidades avanzadas como furtividad, sensores integrados, armamento de precisión y conectividad superior, ofrecen ventajas decisivas en las operaciones multidominio contemporáneas desempeñando un papel crucial en el control del espacio aéreo y la sincronización de efectos .

La metodología a emplear en el presente trabajo de investigación es de carácter analítica descriptiva, para deducir la trascendencia del empleo de los C5G en los entornos multidominio analizando la información disponible, en fuentes abiertas, de las naciones que operan en la actualidad las mencionadas tecnologías, haciendo foco especialmente en las lecciones aprendidas que han obtenido en los años de diseño, desarrollo y empleo. El trabajo estará estructurado con una introducción y tres capítulos que abordarán los objetivos específicos planteados, para luego finalizar con una conclusión que será el producto de los elementos analizados y que buscará responder la hipótesis formulada.

## **CAPÍTULO I**

### **La evolución de las aeronaves de caza**

La evolución de los aviones de caza a reacción ha sido un proceso que refleja no solo avances tecnológicos, sino también cambios en las tácticas y estrategias militares. Desde la introducción de aeronaves a reacción después de la Segunda Guerra Mundial hasta los cazas furtivos de quinta generación, cada etapa ha aportado innovaciones significativas que han transformado el combate aéreo. La historia de los aviones de caza a reacción comienza en la Segunda Guerra Mundial, cuando se desarrollaron los primeros aviones con motores a reacción. A medida que la tecnología avanzaba, también lo hacían las necesidades estratégicas y tácticas de las fuerzas aéreas en todo el mundo. La Guerra Fría, en particular, impulsó una carrera armamentista que llevó al desarrollo de cazas cada vez más sofisticados.

La clasificación generacional de los cazas a reacción se basa principalmente en saltos tecnológicos importantes en su desarrollo a lo largo de los años. El término generación apareció por primera vez en 1990 para identificar las mejoras en el rendimiento de los aviones de combate a reacción, logradas a través de avances significativos en el diseño de aeronaves, aviónica y sistemas de armas. Esto implicaba que un cambio generacional en los aviones de caza ocurría cuando la innovación tecnológica no podía ser incorporada en un avión existente mediante actualizaciones o modificaciones y es la base generalmente aceptada para definir la generación de los cazas a nivel mundial (Pawar, 2019).

#### **Primera, segunda y tercera generación de cazas a reacción**

Desde el año 1940, principalmente hacia el final de la Segunda Guerra Mundial y extendiéndose hasta 1955, incluyendo la Guerra de Corea de 1950 a 1953, fue el período con más investigación, diseño y desarrollo que contribuyó hacia el diseño de la primera generación de cazas. También se debe recordar que el período entre 1945 y 1960 fueron también los primeros años de la Guerra Fría (Martinic, 2017).

Una de las principales distinciones de la primera generación de aviones de combate fue que operaban a velocidades subsónicas en vuelo nivelado y que sus motores a reacción no estaban equipados con posquemadores. Estos aviones tenían sistemas de aviónica rudimentarios y esencialmente no contaban con radar ni medidas de autoprotección para enfrentarse contra un adversario. Otra característica distintiva fue que sus sistemas de armamento también eran muy básicos, ya que utilizaban una combinación de ametralladoras

y/o cañones, similar a los cazas propulsados por pistón de la época, y municiones como bombas y cohetes en su mayoría no guiados. Ejemplos de aviones caza a reacción dentro de esta generación incluyen el North American F-86 Sabre, el F-100C Super Sabre, el Mikoyan-Gureyich Mig-15 y el Mig-17 Fresco (Martinic, 2017).

La segunda generación abarca el período comprendido desde el año 1955 aproximadamente hasta 1960. Una de las principales distinciones de la segunda generación de aviones de combate fue que estos operaban a velocidades supersónicas en vuelo nivelado, gracias en gran parte a los avances en aerodinámica y diseño de motores de esa época.

En este período, se introdujeron receptores de advertencia radar, así como los radares con capacidad aire-aire. Los sistemas de armamento mejoraron con la utilización tanto de misiles guiados infrarrojos como semi-activos y aunque los combates aire-aire todavía se realizaban mayormente visualmente, se comenzaron a extender los rangos de enganche de blancos para los misiles guiados por radar. Ejemplos de aviones caza a reacción dentro de esta generación incluyen el Lockheed F-104 Starfighter, el Dassault IV Mystere, el Mikoyan-Gureyich Mig-19 Farmer y Mig-21 Fishbed (Martinic, 2017).

La tercera generación abarca el período desde aproximadamente 1960 hasta 1970. Los importantes avances hicieron posible que los aviones de combate a reacción llevaran a cabo enfrentamientos aéreos que se extendían más allá del alcance visual. Ya no era necesario identificar visualmente a los cazas enemigos para atacarlos. Esto se debió a la mejora de sistemas de radar sofisticados, como el radar doppler, que permitía una capacidad de mirar hacia abajo y disparar hacia abajo. También fue el momento en que la funcionalidad del caza a reacción polivalente o multirrol apareció por primera vez (Martinic, 2017).

Este período también vio la introducción de misiles guiados por radiofrecuencia semi-activos, como el avanzado Sparrow AIM-7 y el Apex AA-7, además de sistemas de puntería fuera del eje. En general, este período presenció mejoras significativas en los sistemas de armas, la aviónica y también en la maniobrabilidad de los aviones de combate a reacción gracias a diseños de fuselaje más aerodinámicos. Ejemplos comúnmente utilizados fueron el McDonnell-Douglas F4 Phantom, el F-104 Thunderjet, y el Mig-21 Fishbed (Martinic, 2017).

## **Cuarta generación de cazas a reacción**

La cuarta generación abarca el período desde aproximadamente 1970 hasta 1990. Al igual que con las generaciones anteriores de aeronaves, la cuarta generación de aviones de combate vio mejoras tanto en la aviónica como en los diseños puramente aerodinámicos, como se evidenció en los nuevos cazas a reacción controlados por la tecnología *fly-by-wire* (FBW, del inglés volar por cables) que estaban siendo desarrollados.

El FBW eliminó los hidráulicos convencionales para controlar las superficies de control de un avión. En su lugar, el comando de vuelo estaba conectado directamente a la computadora a bordo. La computadora recibía las órdenes de dirección del piloto y las transmitía electrónicamente para controlar las partes móviles del avión. El FBW fue introducido por primera vez en el General Dynamics F-16 Fighting Falcon.

Igualmente importante, las pantallas de visualización frontal (del inglés, head-up display) también aparecieron alrededor de este tiempo. Al igual que ocurrió con la tercera generación de aviones caza a reacción, se estaba volviendo cada vez más difícil discernir entre misiones aéreas y ataques terrestres en general, ya que los cazas a reacción de cuarta generación tenían la capacidad de proporcionar tanto roles aire-tierra como aire-aire y podían cambiar roles rápidamente según lo exigiera la misión.

Los aviones de ataque comenzaron a aparecer dentro de este período con una nueva capacidad de geometría variable (alas oscilantes), con diseños iniciales desde el año 1965. Ejemplos destacables son el General Dynamics F-111, el Panavia Tornado IDS y el soviético Sukhoi Su-24 Fencer. Hay muchos ejemplos de aviones de combate a reacción con tenían características propias de la cuarta generación, dentro de los cuales están el Mirage 2000, el General Dynamics F-16, el McDonnell Douglas F-18, el Sukhoi Su-27 Flanker y el Mig-29 Fulcrum.

## **Cuarta generación y media de cazas a reacción**

Esta generación también se conoce a menudo como 4+ o 4++ (4.5) y abarca aproximadamente desde 1990 hasta el año 2000. El concepto de una media generación, tal como se aplica a los aviones de combate a reacción, parece absurdo. Sin embargo, esta categoría fue aceptada porque explicaba razonablemente los avances realizados en los aviones de combate de esa generación.

Las malas finanzas nacionales de muchos gobiernos durante este período afectaron enormemente el diseño y desarrollo de futuros aviones. Para mantenerse a la vanguardia de la tecnología de aviones de combate a reacción, muchas naciones líderes tuvieron que encontrar nuevas formas de producir cazas de 4.5 generación con menos dinero para gastar. Como resultado, se introdujeron formas innovadoras y rentables para mantener la ventaja mientras se mantenían los costos de investigación y desarrollo al mínimo (Martinic, 2017).

En lugar de diseñar nuevos fuselajes, se mejoraron los fuselajes existentes mediante la incorporación de nuevos materiales absorbentes de emisiones radar, lo que los hizo sigilosos. Los motores también se mejoraron para proporcionar un mayor rendimiento y extender el rango de misiones, lo cual se logró principalmente gracias a la aplicación de tecnología de control vectorial de empuje. Por último, la capacidad de carga de armamento también se incrementó en los fuselajes existentes, haciendo posible un mayor espectro de misiones sin necesidad de gastar más.

A pesar de que la economía fue uno de los principales criterios definitorios, esta generación se destaca por la capacidad de combate de estos cazas rediseñados que adquirieron el radar con antena de barrido electrónico activo (AESA, del inglés active electronically scanned array) que también proporcionó la capacidad de realizar su propia funcionalidad de advertencia temprana y control aéreo. Además, los términos campo de batalla centrado en redes se convirtieron en nuevas palabras clave en la aviación militar, posibilitados por enlaces de datos mejorados y tecnología informática (Martinic, 2017).

Ejemplos de aviones caza a reacción de esta generación incluyen, el McDonnell-Douglas F/A-18 E/F Super Hornet, el McDonnell-Douglas F-15E Eagle, las variantes Sukhoi Su-27/35, Su-37, Mig-29M/K y el Mig-30.

### **Quinta generación de cazas a reacción**

Este período abarca aproximadamente desde el año 2000 hasta el 2025. Los cazas a reacción de quinta generación son verdaderamente un producto de la era de la información, ya que las tecnologías de computación a bordo, o más precisamente, sus sistemas de software avanzados, están tan integrados y en red que son diferentes a cualquier otra cosa que se haya desarrollado antes. Ejemplos actuales en esta clase son el F-22 Raptor, el F-35 Joint Strike Fighter (JSF), el Sukhoi Su-57 y el Chengdu J-20.

Las aeronaves de quinta generación comparten tres características básicas de atributos comunes: capacidad furtiva de todo aspecto y desempeño aerodinámico superior, sensores automatizados de avanzada y fusión de la información. El punto clave del salto de capacidades con respecto a los diseños anteriores es la sinergia de todos los atributos para poder presentar una ventaja simétrica sobre cualquier adversario. Es esta sinergia que le da a los cazas de quinta generación un rotundo incremento de letalidad y supervivencia que no puede ser igualada por ningún caza de cuarta generación (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

La furtividad es el atributo por el cual los cazas de quinta generación son distinguidos. La geometría de diseño que reduce la refracción contra un radar es visualmente extraña como es la figura de la aeronave F-117. Sin la capacidad furtiva ningún otro atributo de la quinta generación sería importante debido a que el fuselaje no dispondría de la fundamental supervivencia, ya que es lo necesario para poder adentrarse dentro de un escenario A2/AD. Sin ella los cazas de cuarta generación no pueden alcanzar sus objetivos y probablemente serán derribados. Si se comparan los cazas anteriores y los de quinta generación, es evidente que la furtividad cambiará definitivamente los resultados operacionales drásticamente.

Las aeronaves de quinta generación deben de tener una baja probabilidad de detección (BPD) y baja probabilidad de interceptación (BPI) en el uso de sus radios y enlaces de transmisión de datos. Direccionando la energía con baja potencia y un haz estrecho, hacen que las transmisiones sean extremadamente difíciles de ser interferidas por un adversario utilizando detección pasiva para seguir a los cazas de quinta generación e inclusive disponer de una alerta temprana. Las aeronaves de quinta generación manejan automáticamente la potencia y dirección de sus propios sensores y se basan en sensores de detección pasiva. Todo esto se combina para crear la tecnología furtiva de las aeronaves (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

A pesar de los grandes esfuerzos de Oriente para contrarrestar las ventajas de la baja observabilidad, la furtividad sigue brindando una ventaja operacional, posibilitando el acceso al aeroespacio y objetivos del adversario y por ende la iniciativa. La baja observabilidad de los cazas de quinta generación hace que los ataques electrónicos sean más efectivos a una potencia menor. Esto les posibilita adentrarse en el interior de un área protegida por

capacidades A2/AD y acercarse a las amenazas incluso contra tecnologías diseñadas para contrarrestar aviones furtivos.

Otra gran fortaleza de los cazas de quinta generación además de la furtividad es la superioridad de información y la capacidad de toma de decisiones proporcionada por la integración de sensores y la aviónica en la aeronave, brindando una capacidad holística. Se puede afirmar entonces que el atributo que genera una gran diferencia, es el poder de reunir, procesar y aprovechar la información.

Mientras algunos cazas de cuarta generación pueden tener algún rasgo similar a esta tecnología, el volumen y cantidad de información disponible en un caza de quinta generación incrementa exponencialmente la efectividad de las misiones de combate. Esto lo logra a través de la información que recibe de otras fuentes fuera de la aeronave, de su propia antena de espectros múltiples con sensores pasivos y activos y de la poderosa computadora central que usa algoritmos sofisticados para correlacionar, comparar, evaluar y fusionar la información brindando una conciencia situacional precisa y en tiempo real (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

La conciencia situacional del espacio de batalla presentado a los pilotos de quinta generación a través de la fusión de todas las fuentes de información, es significativamente superior si se lo compara con aeronaves de cuarta generación. Este último tipo de aeronaves, tienen los sensores separados, desde el radar a la capacidad de transmisión de datos y guerra electrónica. En estos cazas, el piloto es responsable de manejar cada sensor individualmente e interpretar y procesar la información reunida. La conciencia situacional es algo que cada piloto de cuarta generación tiene que construir individualmente y es el resultado de la experiencia personal, aptitud y competencia.

Las ventajas de disponibilidad de información y toma de decisiones están transformando como la quinta generación de aeronaves opera en combate. Cada vez más los pilotos de estas aeronaves están asumiendo el rol de administradores de combate. Si las grandes aeronaves tradicionales que asumían el rol de administradores de la situación de combate, no pueden orbitar en ambientes de elevadas amenazas, es vital la capacidad que tiene los pilotos de quinta generación de asumir este rol para la efectividad de combate (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

## **La sinergia de la furtividad y la información**

El tipo de información y la superioridad en la toma de decisiones que brinda un caza de quinta generación simplemente no puede ser logrado por un caza de cuarta generación. Como la furtividad, la aviónica altamente integrada no puede ser adaptada a un sistema que no está fusionado ni lograrse mediante un programa de actualización gradual. El concepto de fusión debe estar en el diseño del avión desde sus principios. Los cazas de cuarta generación pueden disponer de aviónica y sistemas de programación integrados, con una automatización y fusión similar a los de quinta generación. Pero a pesar de ello, no podrán traducir esa ventaja en la información disponible en el combate debido a no poseer un diseño furtivo. Con amenazas avanzadas de sistemas A2/AD las aeronaves anteriores no tiene capacidad de entrar en combate independiente de su aviónica y sistemas de información, debido a que sus fuselajes no sobrevivirán en un ambiente de elevada amenaza.

Retrasando o negando la capacidad de detección se comprime el tiempo de reacción del enemigo y sumado a la libertad de acción, le brinda veracidad al lema del sistema F-22: *primero en ver, primero en disparar, primero en matar*. La combinación de disponibilidad de información y superioridad en la toma de decisiones con la furtividad, no solo incrementa la supervivencia de los cazas de quinta generación en un ambiente dinámico sino que también los vuelve más letales. La capacidad furtiva no es más un mero atributo defensivo de supervivencia en combate. Con la aviónica avanzada de quinta generación y la fusión de información, la furtividad es ofensiva, tanto en términos de brindar la ventaja de la sorpresa como de aumentar simultáneamente la letalidad (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

## **CAPÍTULO II**

### **Los entornos multidominio**

Las operaciones multidominio (MDO, del inglés multi-domain operations) han emergido como un concepto central en la estrategia militar contemporánea, especialmente en el contexto de las fuerzas armadas de EE.UU. y sus aliados. Este enfoque busca integrar capacidades en múltiples dominios operativos de tierra, mar, aire, ciberespacio y espacio, para lograr una ventaja estratégica sobre un adversario. La evolución de este concepto responde a la necesidad de adaptarse a un entorno de seguridad global cada vez más complejo y dinámico (Nöel, Junio 2021).

La noción de entornos multidominio ha emergido como un concepto clave en la doctrina militar contemporánea, especialmente en el contexto de la evolución de las operaciones militares. Su génesis se puede rastrear a las transformaciones en la guerra moderna, donde la interconexión entre diferentes dominios como tierra, mar, aire, espacio y ciberespacio, se ha vuelto esencial para la efectividad operativa. Este enfoque reconoce que las amenazas y oportunidades en un conflicto no se limitan a un solo dominio, sino que son el resultado de interacciones complejas entre múltiples entornos.

El concepto de MDO se formalizó en la doctrina militar estadounidense con el objetivo de contrarrestar las capacidades cada vez más sofisticadas de adversarios como Rusia y China. El concepto de operaciones multidominio fue introducido por el ejército de EE.UU. en 2017 y enfatiza la integración de capacidades en todos los dominios para desestabilizar al enemigo y mantener la iniciativa (Nöel, Junio 2021).

Otros países, como Rusia y China, han desarrollado sus propias interpretaciones del concepto multidominio. Rusia ha enfatizado la guerra híbrida, donde combina operaciones convencionales y no convencionales a través de múltiples dominios para lograr sus objetivos estratégicos. Por otro lado, China ha integrado su estrategia militar con el desarrollo tecnológico en ciberespacio y espacio, buscando una superioridad que le permita proyectar poder a nivel global (Nöel, Junio 2021).

La definición de entornos multidominio implica una integración fluida de capacidades a través de estos dominios, permitiendo a las fuerzas armadas llevar a cabo operaciones simultáneas y coordinadas. Esta integración es crucial para explotar vulnerabilidades del adversario y maximizar la eficacia de los recursos disponibles. A

medida que las tecnologías avanzan y los conflictos se vuelven más complejos, la necesidad de un enfoque multidominio se vuelve cada vez más evidente, lo que lleva a las fuerzas armadas a reconsiderar sus doctrinas y estructuras de mando.

Las MDO utilizan todos los dominios (aire, tierra, mar, espacio, ciberespacio y a veces información) en una acción sincronizada contra el enemigo. Al crear ventanas temporales de superioridad, permite la libertad de acción de las fuerzas conjuntas. Esto representa un cambio con respecto al concepto de batalla aire-tierra, que se centraba en dos dominios y no preveía la coordinación cercana entre múltiples dominios para lograr los efectos deseados.

### **Evolución del concepto multidominio**

La estrategia de contención fue la guía principal para las acciones de las administraciones estadounidenses desde el año 1945 hasta 1980, con el objetivo de evitar la expansión de la Unión Soviética a nivel global. Este enfoque se implementó en Europa Occidental mediante el despliegue de fuerzas estadounidenses, posicionadas frente a las tropas del Pacto de Varsovia y listas para actuar inmediatamente si se violaba el telón de acero. Sin embargo en el año 1975, el éxito de esta estrategia fue cuestionado, especialmente tras la retirada del ejército estadounidense de Vietnam sin una victoria decisiva. Para reconstruir esta institución, se implementaron diversas medidas, incluyendo estudios destinados a renovar sus fundamentos doctrinales (Nöel, Junio 2021).

El General W. E. DePuy desempeñó un papel crucial en esta renovación intelectual al crear el Centro Doctrinal del Ejército de Norte América. Al analizar la reciente Guerra del Yom Kipur entre Israel y sus vecinos árabes en 1973, DePuy se sorprendió por las pérdidas sufridas por los adversarios debido al aumento del alcance, precisión y letalidad de las armas. En 1976, con la publicación de una nueva versión del FM-100-5, recomendó aprovechar esta mayor potencia de fuego, confiar en el terreno y utilizar toda la mano de obra disponible para ganar la primera batalla contra las fuerzas comunistas que penetraban Europa Occidental. Esto se lograría deteniendo a estas fuerzas en lo que se denominó el límite avanzado del área de batalla (FEBA, del inglés forward edge of battle area). Esta doctrina activa requería que las unidades se movieran entre posiciones defensivas para agotar el ímpetu del enemigo (Nöel, Junio 2021).

A pesar de su lógica, esta nueva doctrina enfrentó críticas por su enfoque estático y el riesgo de perder la guerra en los primeros enfrentamientos. Posteriormente, bajo el liderazgo del nuevo comandante, el General D. A. Starry, se revisó nuevamente la doctrina y se presentó el concepto de batalla aire-tierra (del inglés, *airland battle*) en 1981. Este nuevo enfoque exigía derrotar al enemigo mediante operaciones sostenidas en un espacio y tiempo específico, luchando batallas simultáneas y secuenciales. Esta insistencia en los aspectos temporales reflejaba una ambición significativa al enfatizar la necesidad de maniobras tácticas para contrarrestar el arte militar soviético (Nöel, Junio 2021).

Con el fin de la Guerra Fría y la victoria en la Guerra del Golfo, EE.UU. entró en una nueva era donde pudo imponer sus métodos en el campo de batalla. A pesar de algunos reveses como Somalia en 1993, utilizó el poder aéreo como su principal herramienta militar. Aunque expertos advirtieron sobre los límites del poder aéreo, este desempeñó un papel decisivo en las campañas coercitivas en los Balcanes (Nöel, Junio 2021).

Investigadores como A. Marshall y A. Krepinevich extendieron ideas soviéticas sobre cómo la electrónica transformaría el arte bélico. Con base en los resultados de la Guerra del Golfo, concluyeron que dominar la información sería crucial en futuras batallas. La guerra centrada en redes (del inglés, *network-centric warfare*) comenzó a revolucionar cómo luchaban los ejércitos al permitir desplegar múltiples sensores para recopilar y distribuir datos eficientemente (Nöel, Junio 2021).

Este nuevo paradigma requería que las fuerzas armadas estadounidenses repensaran su organización y abandonaran su enfoque vertical tradicional para facilitar una mejor distribución de información entre los combatientes. La jerarquía debía ceder ante un sistema interconectado capaz de operar como un sistema de sistemas, donde lo prioritario era lograr eficacia operativa independientemente del servicio militar al que pertenecieran los recursos utilizados (Nöel, Junio 2021).

A medida que se avanzaba hacia una era digital, EE.UU. buscaba mantener su superioridad operativa demostrada durante la Guerra del Golfo. Las administraciones de los presidentes Bush y Clinton intentaron reducir drásticamente el presupuesto militar pero sin embargo, el cambio hacia una revolución militar transformacional desafiaba estas suposiciones financieras tradicionales. La invasión a Irak en 2003 sirvió como prueba para estos nuevos conceptos operativos. Aunque exitosa inicialmente, resultó problemática

debido a una gobernanza estadounidense deficiente que llevó al país a un conflicto prolongado con insurgencias crecientes (Nöel, Junio 2021).

El ascenso del presidente Obama marcó un cambio hacia Asia como nuevo centro gravitacional en política exterior de EE.UU. frente al resurgimiento chino. La estrategia A2/AD china buscaba limitar las capacidades militares estadounidenses mediante acciones preventivas contra áreas estratégicas. En respuesta a estas amenazas emergentes, EE.UU. desarrolló conceptos operacionales como la Batalla Aire-Mar para contrarrestar estas capacidades chinas y asegurar su control sobre áreas comunes vitales para mantener su posición como potencia global dominante (Nöel, Junio 2021).

La estrategia nacional de seguridad de EE.UU. del año 2017 y del 2018 reconoció que la superioridad militar estadounidense ya no podía darse por lograda. Estos documentos promovieron un enfoque multidominio para asegurar que los intereses sean preservados. Los adversarios potenciales comprendieron que la fuerza estadounidense se basa en alcanzar la superioridad militar en entornos fluidos, lo que les lleva a desarrollar medios elaborados para evitar la conquista del aire o el mar. Dado que las operaciones ya no pueden proceder secuencialmente como en la Guerra del Golfo de 1991, las fuerzas estadounidenses empezaron a considerar maniobras sincronizadas en todos los entornos del campo de batalla, enfrentando así múltiples dilemas al enemigo y creando ventanas temporales de oportunidad que deben ser aprovechadas (Nöel, Junio 2021).

### **Enfoque de la República Federativa de Rusia**

La evolución del pensamiento estratégico ruso, especialmente en el contexto de la guerra moderna, se basa en principios que se remontan a la era soviética, donde se definieron tres elementos clave de la artillería militar. En este marco, la interpretación del enfoque multidominio se considera parte integral del estudio de la ciencia militar, que busca identificar tendencias y avances generacionales en los conflictos armados. Durante la era soviética, la guerra se concebía como un conflicto de alta intensidad, industrial y continental. Sin embargo, en el contexto actual, el concepto de nueva guerra ha cambiado hacia un enfoque más limitado, impulsado por la información y basado en el espacio aéreo. Esta transformación implica que la necesidad de alcanzar y neutralizar al enemigo en profundidad ha sido sustituida por la búsqueda de superioridad en el intercambio de fuego preciso desde el inicio de las hostilidades (Nöel, Junio 2021).

Desde la era soviética, el arte operacional ha permanecido como la matriz intelectual y organizativa de las fuerzas rusas, estructurándolas no según dominios o funciones operativas, sino según la profundidad de los objetivos a neutralizar en el sistema enemigo. Con el advenimiento de municiones precisas, este proceso se lleva a cabo mediante la capacidad para formar un sistema integrado de reconocimiento y ataque a una profundidad específica. La creación en 2015 de las Fuerzas Aeroespaciales de Rusia (FAR) subraya esta evolución hacia un enfoque multidominio más integrado y estratégico dentro del marco militar ruso contemporáneo (Nöel, Junio 2021).

La definición de superioridad aérea en la doctrina militar rusa se ve limitada por la percepción de una correlación de fuerzas y medios estructuralmente desfavorables en el ámbito aeroespacial frente a la OTAN. Esta situación ha llevado a que la superioridad aérea se articule de manera asimétrica, enfocándose en un esfuerzo conjunto de contraataque aéreo para proteger tanto el distrito como las operaciones en curso. La integración de todos los medios disponibles, tanto defensivos como ofensivos, así como aéreos y terrestres, y ahora electromagnéticos, se motiva por la percepción de una insuficiencia aérea que debe ser compensada (Nöel, Junio 2021).

La naturaleza de las capacidades de las FAR resalta la falta de un aumento en sus activos de comando, control, inteligencia, vigilancia y reconocimiento (C2ISR, del inglés command and control, intelligence, surveillance and reconnaissance), así como una dependencia continua de municiones *stand-off* (del inglés, lanzamiento a distancia segura) para compensar la escasez de aeronaves capaces de penetrar el sistema enemigo. En este sentido, el nuevo C5G, el Su-57, podría asumir la misión de defensa y superioridad aérea.

Principalmente, el enfoque se centra en misiles hipersónicos como el Kh-47M2 Kinzhal, adaptado para ser transportado por el interceptor MIG-31(K). Esta estrategia de modernización a través de municiones presenta ventajas al actualizar plataformas vulnerables, pero también genera una fuerte dependencia en la disponibilidad de municiones avanzadas. La capacidad para realizar penetraciones más profundas parece estar pospuesta hasta el despliegue del bombardero pesado PAK-DA y el desarrollo de vehículos aéreos no tripulados (UAV) con resistencia y autonomía suficientes (Nöel, Junio 2021).

## **Enfoque de la República Popular de China**

La evolución de la doctrina militar china ha estado marcada por la emisión de documentos estratégicos clave, entre los cuales destacan los diez libros blancos sobre la defensa nacional de China y las nueve directrices estratégicas que se mencionan frecuentemente en los discursos del Comité Militar Central. Estos documentos no abordan directamente los conceptos de operación, sino que se centran en planes de desarrollo de fuerzas. Desde su primera emisión en 1949, estas directrices han estado fundamentadas en el concepto de defensa activa, aunque similar al enfoque ruso, pone un énfasis particular en el desgaste del enemigo (Nöel, Junio 2021).

La visión militar de China se centra en la capacidad de desplegar fuerzas específicamente agregadas para campañas o misiones concretas, garantizando su integración a través de la modularidad y una arquitectura de mando conjunto. Desde 2017, las unidades se han estructurado según su capacidad para reunir elementos operacionales, incluyendo mando y control (C2), reconocimiento e inteligencia, capacidades de confrontación informativa, maniobra, protección y apoyo (Nöel, Junio 2021).

China reconoce la validez del enfoque multidominio como una multiplicación y diversificación de los dominios de la guerra. La necesidad de formaciones multidimensionales es evidente, dado que la libertad de maniobra en los tres dominios tangibles (tierra, mar y aire) está cada vez más condicionada por el control del espacio, así como del espectro electromagnético y el ciberespacio. Al considerar estos últimos como las principales expresiones de la guerra informativa, la ambición china es integrarlos en un único concepto de operaciones de guerra electrónica centrada en redes, que combine vectores de ataque desde golpes cinéticos contra sensores hasta intrusiones en los sistemas C4ISR del adversario. Sin embargo, esta visión de una integración fluida y adaptativa se ve obstaculizada por múltiples dificultades, especialmente en el ámbito aéreo (Nöel, Junio 2021).

Las deficiencias observadas también resuenan en la modernización de la Fuerza Aérea del Ejército Popular de Liberación (FAEPL). Desde 2004, la FAEPL ha promovido la noción de integración aérea y espacial para llevar a cabo operaciones defensivas y ofensivas simultáneas. Sin embargo, la creación de la Fuerza Estratégica de Apoyo en 2016 ha llevado a una pérdida de control sobre los activos de reconocimiento espacial. Esta ambigüedad doctrinal ha llevado a analistas estadounidenses a interpretar esto como un estancamiento

del servicio. A pesar de los esfuerzos significativos hacia una postura militar integral que abarque tanto acciones convencionales como nucleares, la FAEPL todavía enfrenta desafíos en términos de integración y capacidades de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR, del inglés intelligence, surveillance and reconnaissance) aéreas o espaciales adecuadas para alcanzar el objetivo dinámico que busca en sus confrontaciones sistema a sistema (Nöel, Junio 2021).

La estrategia de A2/AD de China ha evolucionado considerablemente desde su implementación, reflejando un cambio en la dinámica de poder en la región Asia-Pacífico. Inicialmente, el enfoque A2/AD se centró en desarrollar capacidades que dificultaran el despliegue de fuerzas estadounidenses en áreas críticas, como el Mar del Sur de China y el estrecho de Taiwán. Este enfoque ha sido diseñado para mantener a las fuerzas estadounidenses a una distancia segura, utilizando una combinación de misiles balísticos, sistemas de defensa aérea y tácticas de guerra cibernética. Con el tiempo, la estrategia A2/AD de China no solo ha buscado disuadir la intervención estadounidense, sino también proyectar su influencia en la región. La creación de una red de sistemas A2/AD permite a China ejercer control sobre áreas disputadas y proteger sus intereses estratégicos (Jordán, Segundo cuatrimestre, 2023).

### **Importancia de las Operaciones Aéreas y Espaciales en los Entornos Multidominio**

Las operaciones aéreas son fundamentales dentro del marco multidominio debido a su capacidad para proyectar fuerza rápidamente y proporcionar apoyo crítico a las fuerzas terrestres y navales. En un entorno multidominio, las operaciones aéreas no solo se limitan al combate aéreo tradicional, sino que también incluyen misiones de reconocimiento, transporte estratégico y apoyo logístico. La capacidad para realizar estas misiones en coordinación con otras fuerzas operativas es esencial para lograr objetivos estratégicos.

Las operaciones espaciales juegan un papel igualmente crucial en este contexto. El acceso al espacio permite obtener información vital mediante satélites ISR, así como proporcionar comunicaciones seguras entre unidades dispersas en diferentes dominios. Además, las capacidades espaciales pueden ser utilizadas para llevar a cabo ataques contra objetivos terrestres o marítimos mediante sistemas basados en satélites (Reilly, 2016).

La integración efectiva de las operaciones aéreas y espaciales dentro del marco multidominio requiere una estructura organizativa flexible que pueda adaptarse rápidamente

a las condiciones cambiantes del conflicto. Esto implica no solo la coordinación entre diferentes ramas militares sino también la colaboración con aliados internacionales para maximizar el impacto operativo.

### **Uso del poder aéreo como factor determinante en los nuevos entornos operativos**

El poder aéreo se ha consolidado como un factor determinante en los entornos multidominio debido a su capacidad única para influir rápidamente sobre el terreno desde posiciones remotas. Las operaciones aéreas permiten realizar ataques precisos contra objetivos estratégicos mientras se minimizan las bajas propias. La proyección rápida de fuerza es crucial para establecer la superioridad inicial sobre el adversario y proporcionar capacidades esenciales en apoyo a las operaciones terrestres y navales. Estas funciones son vitales para mantener la iniciativa operacional y proteger a las fuerzas propias durante maniobras complejas (Layton, 2017).

La característica clave que describe a un caza de quinta generación es la furtividad o baja observabilidad, que permite la libertad de acción en un entorno aéreo disputado. Si bien el entorno disputado está asociado con los sistemas de defensa aérea integrados (IADS) y los cazas aire-aire, estas no son las únicas amenazas que el dominio aéreo debe considerar al contribuir a las MDO. El dominio aéreo también necesita apoyar las operaciones terrestres y de superficie detectando amenazas para los buques y las fuerzas terrestres, como la artillería o los misiles de crucero anti-buque (Cox, 2020).

El uso de cazas de quinta generación, mejorará las probabilidades de éxito en la ejecución de MDO. Sin embargo, estas capacidades avanzadas solo serán efectivas si se comparte instantáneamente una red de información entre los elementos del entorno. Aquí es donde entra en juego la nube de combate, que sincroniza los efectos en el aire, mar, tierra, espacio y ciberespacio con las correspondientes capacidades de quinta generación. Se trata de una red masiva que integra capacidades complementarias en un único sistema de armas combinado para llevar a cabo operaciones distribuidas y desagregadas sobre un área operativa fluida. La guerra aérea y su contribución a las MDO experimentarán un crecimiento exponencial en cuanto a los requisitos tecnológicos para integrar información a lo largo del campo de batalla (Cox, 2020).

## CAPÍTULO III

### Las amenazas aérea actuales

Las operaciones militares modernas buscan emplear capacidades en múltiples dominios de manera orquestada, diseñada para crear superioridad. Los sistemas militares en todos los dominios están evolucionando para tener un mayor alcance, ser más precisos y altamente letales. La capacidad de integrar una amplia gama de sensores, computadoras, bases de datos y redes ha llevado a que la competencia por la ventaja militar se desplace hacia una lucha por adquirir, explotar y mover información. Los campos de batalla son cada vez más letales y disruptivos, con fuerzas que se combinan a través de los dominios y operaciones que se llevan a cabo a una velocidad y alcance crecientes, además de contar con una conciencia situacional sin precedentes.

China y Rusia han estado atentas a las operaciones militares de la OTAN, aplicando las lecciones derivadas de estas observaciones para desarrollar y estructurar sus capacidades defensivas. Estas naciones han llevado a cabo un análisis exhaustivo sobre cómo EE.UU., en particular, ha utilizado el poder aéreo y han diseñado sus sistemas de defensa con el fin de mitigar las ventajas que le proporciona. Asimismo, han capitalizado los vacíos que surgieron en el contexto global como resultado de las tensiones generadas por los conflictos en Afganistán e Irak, utilizando este periodo para avanzar en sus intereses estratégicos y para desarrollar tecnologías avanzadas como C5G y capacidades de A2/AD (David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney, 2019, Vol. 20).

Los competidores de gran poder están involucrados en una campaña multifacética para socavar las ventajas políticas, sociales y militares de EE.UU. y sus aliados. Para ello, están creando capacidades y fuerzas únicas que podrían resultar decisivas en futuros conflictos. Un área en la que sus esfuerzos están resultando particularmente desafiantes es el desarrollo de capacidades de A2/AD. Los competidores se han centrado, en particular, en degradar la larga dominación de la OTAN en el dominio aéreo mediante el despliegue de defensas aéreas en capas extremadamente sofisticadas (James & Gouré, 2019).

El desarrollo de C5G con características de baja observabilidad y una variedad de sensores avanzados tiene como objetivo no solo contrarrestar las defensas aéreas avanzadas, sino también extender el poder de las plataformas y fuerzas que operan en ese dominio. La capacidad de los aviones de quinta generación, especialmente del F-35 Joint Strike Fighter,

para operar como una plataforma sensorial con elevada supervivencia y agilidad es una ventaja para todas las fuerzas terrestres, aéreas y navales interconectadas.

### **Antiacceso y denegación de área**

El entorno de A2/AD es un intento de negar la libertad de acción de un adversario en el campo de batalla. El antiacceso es la inhibición del movimiento militar enemigo hacia un área operacional para utilizar aviones de ataque, buques de guerra y misiles balísticos y de crucero especialmente diseñados para atacar objetivos clave. La denegación de área es la negación de la libertad de acción del enemigo en áreas bajo control amigo, que emplea medios más defensivos, como sistemas de defensa aérea y marítima.

En el caso del dominio aéreo, esto se puede abordar aún más como operaciones de denegación de área aérea (AAD, del inglés aerial area denial). La AAD incluye las operaciones coordinadas por las fuerzas aéreas enemigas y las fuerzas de IADS para mantener un grado de paridad o superioridad aérea sobre su territorio y fuerzas. En la mayoría de los casos, los sistemas AAD serán una combinación de misiles tierra-aire SAM y aviones de combate. Será en esta construcción de AAD donde se disputará la capacidad central del control del aire (Cox, 2020).

Dentro de A2/AD, la resiliencia de las redes, el enlace de datos y las comunicaciones estará casi con certeza en disputa. Suponer que las capacidades espaciales, incluidos los sistemas terrestres, estarán disponibles y serán confiables en un conflicto es inherentemente peligroso. La capacidad de comunicar y transmitir datos desde C5G a través del espacio a un sistema de gestión de batalla terrestre pondrá en peligro la columna vertebral del comando y control. El único dominio en el que los cazas deberán confiar es el dominio espacial. Para llevar a cabo MDO, la necesidad de comunicar y mantener una red de objetivos compartida en un entorno disputado sería proporcionada por la nube de combate (Cox, 2020).

La capacidad de los C5G para recopilar, explotar y mover información está llevando a un cambio radical en las tácticas de combate y la estructura de las fuerzas. Se está creando una nueva arquitectura operativa, en la que las plataformas de quinta generación son nodos en una red que abarca múltiples dominios siendo denominada nube de combate. El intercambio continuo de información a través de una red distribuida permite que los aviones avanzados cambien de misiones en un instante y permite que paquetes completos de fuerzas

se reconfiguren en el aire siempre que no se requieran cambios en las cargas de armamento (James & Gouré, 2019).

En muchos escenarios futuros de grandes potencias, el papel más poderoso desempeñado por los sistemas de quinta generación será el de nodos de sensor/información en una red robusta que incluye no solo otras plataformas de quinta generación, sino también aviones de cuarta generación, recolectores de información en otros dominios y sistemas de armas operados por otros servicios. La capacidad de contrarrestar IADS y reafirmar el control del dominio aéreo depende de crear las redes y protocolos necesarios para explotar el poder de los C5G como nodos de información. Los aviones de quinta generación deben ser capaces de compartir información entre sí, así como con el resto de las plataformas para poder explotar el uso de la información para lograr ventajas tácticas y superioridad operacional (James & Gouré, 2019).

Si bien los aspectos técnicos de la aviación de combate siguen siendo importantes, la capacidad de recopilar información, procesar los datos en información útil y actuar de manera cooperativa con otros activos en una región determinada se considera una capacidad cada vez más vital. Aunque los C5G a menudo son reconocidos por sus diseños furtivos, es su capacidad para participar en esta construcción de la nube de combate lo que le proporciona el mayor valor. Se trata de aprovechar la información para comprender el campo de batalla y determinar cómo asegurar mejor los efectos deseados, colaborar con otros servicios y sistemas en una región y minimizar la proyección de vulnerabilidades innecesarias (James & Gouré, 2019).

El poder del F-35 como plataforma de sensores desplegada detrás de las líneas enemigas permitirá también apoyar las futuras operaciones de defensa aérea y de misiles. Utilizando su potente radar y los sensores electro-ópticos, se pueden lanzar aviones interceptores defensivos de forma remota, lo que significa que la amenaza entrante puede ser atacada mientras aún está más allá de la línea del horizonte. Como resultado, es posible enfrentar a aviones y misiles en etapas tempranas de sus trayectorias de vuelo y a mayores distancias. Además, para algunas amenazas, el propio F-35 podría actuar como un nodo operativo defensivo avanzado, empleando misiles aire-aire o armamento de energía dirigida para atacar misiles balísticos en la fase inicial de lanzamiento de los mismos (Layton, 2017).

De manera similar, los aviones de quinta generación podrían desempeñar un papel central en proporcionar a las fuerzas terrestres y navales de la inteligencia, vigilancia y reconocimiento en tiempo real, así como la imagen operativa del campo de batalla necesaria para llevar a cabo operaciones de combate importantes con rapidez y a larga distancia.

### **Integración de cazas de cuarta y quinta generación**

Los aviones de quinta generación recién están entrando en servicio en números significativos. Si bien constituirán una fracción creciente del total del orden de batalla aérea de los aliados de la OTAN, pasarán décadas antes de que superen en número a los de aviones de cuarta generación, los cuales seguirán en servicio. La efectividad de estos aviones más antiguos está siendo cada vez más desafiada por el despliegue de sofisticadas defensas aéreas en capas y la introducción de cazas avanzados. Afortunadamente, la integración de aviones de cuarta y quinta generación presenta la opción no solo de extender la utilidad de los primeros, sino también de aprovechar las ventajas de los segundos (James & Gouré, 2019).

El F-35 es particularmente adecuado para apoyar las operaciones aéreas teniendo la capacidad de ingresar a un espacio aéreo disputado, atacar objetivos críticos y, al mismo tiempo, recopilar grandes cantidades de información electrónica que pueden ser compartidas con otros aviones de quinta generación y, en muchos casos, con plataformas de cuarta generación. Estos aviones más antiguos pueden entonces explotar la rica imagen operativa proporcionada por los F-35 para llevar a cabo misiones de superioridad aérea y ataque con mayor eficacia y menor riesgo.

Los aviones de quinta generación también pueden servir como multiplicadores de fuerza para las formaciones de cuarta generación. Su capacidad para desagregar y degradar las fuerzas enemigas de defensa aérea crea oportunidades para que estas plataformas más antiguas inflijan bajas masivas a las fuerzas hostiles. Las formaciones mixtas de cuarta y quinta generación pueden aprovechar las características únicas de ambas. Las plataformas de cuarta generación tienen ventajas cinemáticas y de carga útil que complementan la furtividad y las ventajas informativas de las plataformas de quinta generación (James & Gouré, 2019).

En 2017, como parte del Programa de Evaluación de Sistemas de Armas de la Fuerza Aérea de EE.UU. en Eglin Florida, cuatro F-15 y cuatro F-22 llevaron a cabo múltiples comprobaciones contra cazas enemigos simulados. El resultado final de esa evaluación fue

una tasa de derribos de cuarenta y uno a uno a favor de la fuerza mixta. Los cazas furtivos pueden usar sus propias armas para atacar activamente a los aviones hostiles o actuar como sensores avanzados o nodos de comando y control para los F-15 más armados, permitiéndoles atacar objetivos aéreos desde una posición relativamente segura detrás del escudo proporcionado por los F-22 o F-35 (James & Gouré, 2019).

La forma en la que los C5G pueden apoyar las operaciones de los sistemas de cuarta generación es degradando las IADS, creando condiciones en el campo de batalla adecuadas para las operaciones de aviones no furtivos. La supresión de las defensas aéreas enemigas es una condición necesaria para el establecimiento de la superioridad aérea y la aplicación del poder aéreo contra objetivos fijos y móviles. Debido a su capacidad para infiltrarse en las defensas aéreas hostiles, creando corredores por los cuales los aviones de cuarta generación pueden moverse y llevar a cabo ataques electrónicos y cibernéticos, los aviones de quinta generación pueden crear condiciones adecuadas para que otras plataformas realicen tanto misiones de apoyo de fuego aéreo cercano como misiones de interdicción.

Gracias a su avanzada capacidad de sensores, el F-35 puede generar una representación casi en tiempo real del entorno operativo, que los aviones no furtivos pueden utilizar para evadir amenazas. Las plataformas de quinta generación pueden mejorar el rendimiento de los aviones de cuarta generación al proporcionar inteligencia, vigilancia y reconocimiento mientras se adentran detrás de las líneas enemigas. Aunque los aviones no furtivos suelen tener una ventaja en términos de capacidad de carga útil sobre las plataformas de quinta generación, carecen de capacidades electrónicas avanzadas y furtividad. Estas plataformas más antiguas pueden entonces emplear su gran carga útil con mayor eficacia, respondiendo rápidamente a cambios en la imagen operativa y desde distancias seguras (Cox, 2020).

La sinergia entre los aviones de quinta y cuarta generación, junto con la introducción de nuevas tecnologías como los misiles hipersónicos, permitirá que los aviones de cuarta generación aprovechen las oportunidades que proporcionan los F-35 desplegados dentro de las líneas enemigas. Para que las plataformas de cuarta generación se beneficien plenamente de las capacidades ISR del F-35, se requiere una capacidad de comunicación más robusta (James & Gouré, 2019).

Actualmente, el F-35 puede comunicarse con aviones de cuarta generación a través del Link 16. Los F-22 pueden recibir, pero no transmitir, comunicaciones por Link 16. Sin embargo, el Link 16 tiene limitaciones de ancho de banda. Como consecuencia, gran parte de los datos recopilados por los sensores del F-35 no pueden ser transmitidos a través de este sistema. Además, existe un riesgo considerable de que las transmisiones del Link 16 puedan ser interceptadas por aviones de quinta generación. La inevitable amenaza de la sobrecarga de información surge a medida que las capacidades de los sensores para recopilar datos continúan creciendo y la capacidad de las redes para procesar más información aumenta (James & Gouré, 2019).

La integración de aviones de cuarta y quinta generación representa una oportunidad estratégica crucial para la OTAN en un entorno de defensa aérea cada vez más desafiante. A medida que los aviones de quinta generación, como el F-35, comienzan a entrar en servicio en números significativos, su capacidad para operar en espacios aéreos disputados y proporcionar inteligencia, vigilancia y reconocimiento se convierte en un activo invaluable. Aunque los aviones de cuarta generación seguirán siendo parte esencial del orden de batalla aéreo durante décadas, su efectividad se verá complementada por las capacidades avanzadas de los nuevos cazas.

La interacción entre ambas generaciones permitirá no solo mejorar la eficacia en misiones de superioridad aérea y ataque, sino también en crear condiciones favorables para que las plataformas más antiguas realicen operaciones desde posiciones seguras. Sin embargo, para maximizar esta colaboración, es necesario desarrollar sistemas de comunicación más robustos que superen las limitaciones actuales y mitiguen el riesgo de sobrecarga de información.

### **El cambio de la guerra aérea**

Las fuerzas armadas de todo el mundo están reconociendo que la era del espacio aéreo sin confrontaciones está llegando a su fin. La OTAN se enfrenta a un desafío aún más grave al intentar atacar objetivos estratégicos. Las redes de información integradas ofrecen la posibilidad de recuperar las ventajas que anteriormente brindaba el poder aéreo de la OTAN. Gracias a su combinación de furtividad, sensores avanzados, electrónica sofisticada y sistemas de comunicación robustos, los aviones de quinta generación, especialmente el F-35, no solo pueden atacar directamente objetivos avanzados en tierra y aire, sino que también

son capaces de proporcionar apoyo crítico en términos de inteligencia, vigilancia y reconocimiento, así como en comando y control (James & Gouré, 2019).

La decisión de varios países miembros de la OTAN y otros aliados de Estados Unidos de adquirir el F-35 representa un hito significativo en el ámbito de la defensa aérea. Este avión se establecerá como la base fundamental para la interoperabilidad entre las fuerzas aéreas de estas naciones. Su capacidad para colaborar en una amplia gama de misiones es esencial para el éxito operacional. Además, los datos obtenidos a través de los sensores del F-35 pueden ser aprovechados por las fuerzas terrestres y navales, mejorando así la efectividad de las defensas aéreas. Para alcanzar un nuevo nivel de interoperabilidad, será necesario que se desarrollen nuevos protocolos que faciliten el intercambio de información entre las diferentes plataformas y unidades operativas (James & Gouré, 2019).

En la actualidad, el número de plataformas de quinta generación disponibles a nivel mundial es del orden de seiscientos aviones, que consisten en ciento ochenta y siete F-22 y más de cuatrocientos F-35. Solo una fracción de estos estaría disponible para una contingencia de la OTAN. Mientras el número de plataformas de quinta generación siga siendo relativamente limitado, sus roles en una campaña aérea serán, por necesidad, altamente selectivos ya que deberán asumir la carga de atacar directamente las amenazas más avanzadas de las defensas aéreas, tanto aviones como misiles tierra-aire (James & Gouré, 2019).

Además, al inicio de un conflicto que involucre a una gran potencia, se pedirá a los aviones de quinta generación, particularmente a los F-35 de la OTAN, que proporcionen apoyo aéreo a las fuerzas terrestres y navales que están en desventaja numérica. Si las defensas aéreas y las redes de sensores enemigas pueden ser suficientemente degradadas, las plataformas de quinta generación pueden pasar a proporcionar apoyo a las plataformas de cuarta generación que serán llamadas a entregar grandes volúmenes de fuego contra las fuerzas convencionales enemigas en avance, las líneas de comunicaciones y las instalaciones de comando y control.

Una misión crítica para los aviones de quinta generación debe ser eliminar la amenaza al espacio aéreo en disputa que representan las avanzadas defensas aéreas emplazadas en el terreno como así también a bordo de fuerzas navales. A menos que esta

amenaza se degrade significativamente en los primeros días de un conflicto, todas las operaciones aéreas se verán gravemente obstaculizadas.

Una vez que la OTAN adquiera un mayor número de plataformas de quinta generación, existirá la oportunidad de participar en un nuevo tipo de guerra aérea. Las operaciones aéreas de la OTAN pueden comenzar a diseñarse en torno a formaciones o grupos de plataformas, tanto de quinta como de cuarta generación, que exploten las ventajas de ambas para maximizar el acceso (James & Gouré, 2019).

Mientras que las plataformas de quinta generación llevarán a cabo ataques seleccionados contra objetivos de alto valor y bien defendidos, podrían tener un papel aún más significativo en orquestar las actividades de otras plataformas, incluidas aquellas en otros dominios. Las plataformas de quinta generación pueden utilizar sus ventajas en ISR, guerra electrónica y acceso al espacio y ciberespacio para crear una defensa virtual flexible detrás de la cual las plataformas no furtivas de cuarta generación pueden operar con relativa seguridad.

Operando desde dentro de la red de defensa aérea de un adversario, estos aviones proporcionarán detección temprana y seguimiento de amenazas, mejorando el potencial de los sistemas defensivos. Además, las inversiones incipientes en fuegos de largo alcance y misiles de alcance intermedio requieren una capacidad de orientación desplegada más allá de la línea de horizonte que en la actualidad solo las plataformas de quinta generación pueden proporcionar (James & Gouré, 2019).

El despliegue de tecnología de quinta generación no acabará con el desafío que representan las avanzadas defensas aéreas. Rusia y China continúan trabajando en sensores cada vez más sofisticados e interceptores letales. Ambos países desplegarán pronto sus propios aviones de quinta generación armados con misiles aire-aire de mayor alcance y más maniobrables. Contrarrestar amenazas más avanzadas y asegurar la superioridad aérea a largo plazo requiere inversiones en una serie de capacidades, incluyendo materiales para fuselajes, motores de alta eficiencia y baja firma infrarroja, sensores multispectrales, armas electromagnéticas, inteligencia artificial y comunicaciones seguras (James & Gouré, 2019).

## CONCLUSIÓN

El presente trabajo final integrador ha explorado en profundidad las características de las tecnologías aplicadas en los cazas de quinta generación y su impacto en la letalidad en entornos multidominio. A lo largo del análisis, se ha logrado cumplir tanto el objetivo general de analizar las características de las tecnologías aplicadas en los cazas de quinta generación y como incrementan su letalidad en entornos multidominio, como también los tres objetivos específicos planteados inicialmente: analizar la evolución de las aeronaves cazas y los entornos multidominio y describir las amenazas aéreas actuales. Además, la hipótesis formulada ha sido comprobada, confirmando que los cazas de quinta generación, dotados de capacidades avanzadas, ofrecen ventajas decisivas en las operaciones multidominio.

En primer lugar, se ha logrado describir con claridad las características tecnológicas que definen a los C5G. Estas aeronaves incorporan innovaciones significativas como la furtividad, sistemas de sensores avanzados, electrónica sofisticada y conectividad robusta. Estas capacidades les permiten operar en entornos altamente desafiantes, donde la detección y el compromiso con el enemigo son críticos. La combinación de estas tecnologías no solo mejora la efectividad en combate, sino que también permite a los C5G desempeñar un papel crucial en la coordinación de operaciones conjuntas a través de múltiples dominios.

El análisis de la evolución de las aeronaves cazas ha revelado cómo cada generación ha respondido a las necesidades tácticas y estratégicas del momento. Desde los primeros cazas a reacción hasta los avanzados C5G actuales, cada etapa ha introducido innovaciones que han transformado el combate aéreo. Este análisis histórico ha permitido comprender cómo los avances tecnológicos han influido en el diseño y la funcionalidad de los cazas, así como su integración en operaciones multidominio.

En cuanto a los entornos multidominio, se identificó que las operaciones modernas requieren una respuesta ágil y flexible ante adversarios que emplean tecnologías avanzadas y estrategias complejas. La capacidad de los C5G para operar en estos entornos no solo depende de su tecnología individual, sino también de su habilidad para integrarse con otros activos militares y compartir información en tiempo real. Esto es fundamental para mantener la superioridad aérea y garantizar la efectividad operacional.

Este trabajo también ha abordado las amenazas aéreas actuales que enfrentan los cazas de quinta generación. La creciente sofisticación de las defensas aéreas enemigas plantea un desafío significativo para la efectividad operacional. A medida que naciones como la República Federativa de Rusia y la República Popular de China continúan desarrollando sus capacidades de antiacceso y denegación de área, es crucial que las fuerzas armadas de Estados Unidos de América y sus naciones aliadas adapten estrategias para contrarrestar estas amenazas emergentes.

Además, se ha discutido cómo el F-35, como un ejemplo destacado de C5G, es particularmente adecuado para apoyar operaciones aéreas al ingresar a espacios aéreos disputados y atacar objetivos críticos mientras recopila información valiosa. Los datos obtenidos por sus sensores pueden ser utilizados por fuerzas terrestres y navales para mejorar sus defensas aéreas y aumentar su efectividad en combate.

A medida que se desarrollan nuevas tecnologías y se intensifican las tensiones geopolíticas, es evidente que la superioridad aérea seguirá siendo un componente crítico en cualquier conflicto militar. Los C5G están diseñados para enfrentar desafíos contemporáneos y futuros, proporcionando a las fuerzas armadas una herramienta poderosa para proyectar poder y garantizar la seguridad nacional.

Sin embargo, es importante reconocer que la adquisición y operación de estos avanzados sistemas no son suficientes por sí solas. La interoperabilidad entre diferentes plataformas y fuerzas es esencial para maximizar su efectividad. Esto implica no solo inversiones en tecnología, sino también en capacitación y desarrollo de protocolos que faciliten el intercambio de información entre unidades aéreas, terrestres y navales.

Para lograr un nuevo nivel de interoperabilidad, será necesario desarrollar nuevos protocolos que faciliten el intercambio de información entre diferentes plataformas. La necesidad de operar con agilidad y flexibilidad se vuelve imperativa ante un entorno multidominio cambiante donde las decisiones deben tomarse rápidamente para mantener la iniciativa sobre un adversario.

La hipótesis planteada al inicio del trabajo ha sido corroborada a través del análisis realizado. Se demostró que los cazas de quinta generación no solo poseen capacidades avanzadas que les otorgan una ventaja competitiva en el campo de batalla, sino que también

son esenciales para la sincronización de efectos entre los diferentes dominios. Esta capacidad para actuar como nodos dentro de una red más amplia mejora significativamente la conciencia situacional y permite una toma de decisiones más informada y rápida.

Este trabajo ha demostrado que los cazas de quinta generación representan un avance significativo en la guerra moderna y ofrecen ventajas decisivas en entornos multidominio. Al cumplir con los objetivos establecidos y comprobar la hipótesis planteada, se establece una base sólida para futuras investigaciones sobre el impacto continuo de estas aeronaves en la dinámica del poder militar global. La integración efectiva de tecnologías avanzadas será clave para enfrentar las amenazas emergentes y mantener la superioridad aérea en un mundo cada vez más complejo e interconectado.

La importancia del F-35 y otros cazas similares radica no solo en su capacidad individual, sino también en su potencial para transformar completamente el panorama operacional contemporáneo. Con su capacidad para operar eficazmente dentro del contexto multidominio actual, estos aviones están bien posicionados para desempeñar un papel vital en futuras campañas militares, asegurando así una ventaja estratégica decisiva para las naciones que los emplean.

La investigación realizada subraya la importancia crítica de seguir invirtiendo en investigación y desarrollo dentro del ámbito militar, así como fomentar una cultura organizacional que valore la innovación constante frente a un panorama estratégico global cambiante. Solo así será posible garantizar que las fuerzas armadas estén preparadas para enfrentar los retos del futuro con eficacia y determinación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cortés, J. M. (2022). El nuevo entorno operativos y las operaciones aeroespaciales. *Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos*(20), 185 a 212.
- Cox, B. (2020). *Fighters Integrating into Multi-Domain Operations: The Anti-Access, Area-Denial Enviroment*. Canadian Force College.
- David A. Deptula, Lawrence A. Stutzriem, Heather R. Penney. (2019, Vol. 20). *Ensuring the Common Defense: The Case for Fith Generation Airpower, Hearther R. Penney*. Washington: Mitchell Institute.
- Deptula, D. A., Stutzriem, L. A., & Penney, H. R. (Vol. 20, Abril 2019). *Ensuring the Common Defense: The Case fot Fifth Generation Airpower*. Arlington: The Mitchell Institute for Aerospace Studies.
- James, D. L., & Gouré, D. (2019). *The Implications of Fifth-Generation Aircraft fot Transatlantic Airpower*. Atlantic Council, Scowcroft Center for Strategy and Security.
- Jordán, J. (Segundo cuatrimestre, 2023). Competición entre grandes potencias y militarización del espacio exterior. *Revista Iberoamericana de Filosofía, Política, Humanidades y Relaciones Internacionales*, 169-194.
- Layton, D. P. (2017). *Fifth Generation Air Warfare*. Air Power Development Centre, Royal Australian Air Force.
- Martinic, G. (12 de Noviembre de 2017). *Australian Naval Institute*. Jet fighter aircraft - five generations later, and still counting. <https://navalinstitute.com.au/jet-fighter-aircraft-five-generations-later-and-still-counting/>
- Nöel, J.-C. (Junio 2021). *Vortex - Multi-Domain Operations*. Paris: Centre for Strategic Aerospace Studies - French Air Force and Space Force.
- Pawar, L. G. (13 de Febrero de 2019). *Bharat Shakti*. Jet Fighters: Generational Classificaiton Concept . <https://bharatshakti.in/jet-fightersgenerational-classification-concept/>

Reilly, J. M. (Primavera de 2016). Multidomain Operations, a Subtle but Significant Transition in Military Thought. *Air & Space Powe Journal* , 61-73.