

El estudio del factor humano en accidentes de aviación²⁶

Lina María Sánchez Rubio²⁷

Centro de Medicina Aeroespacial - Fuerza Aérea Colombiana

Doctorado Interfacultades en Salud Pública - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia)

Recibido: 15/01/2010

Aceptado: 15/05/2010

Resumen

El factor humano ha sido considerado causa o contribución del 70 al 80% de los accidentes de aviación en el mundo, y constituye una prioridad en investigación para la seguridad aérea. Las estadísticas muestran que los índices y causas de accidentes de aviación se mantienen constantes, e identifican una importante diferencia entre regiones. La investigación científica requiere de nuevas y complementarias aproximaciones para la explicación y comprensión del factor humano en aviación. Los médicos y psicólogos que trabajan en Medicina Aeroespacial y factores humanos desempeñan un importante papel para alcanzar las metas en seguridad aérea.

Palabras clave: factores humanos, accidente de aviación, Medicina Aeroespacial, Psicología de Aviación, seguridad aérea.

Abstract

The human factor has been considered as the cause of 70-80% of aviation accidents in the world, and is the prime target for research in the area of air travel safety. Statistics show that the indices and causes of aviation accidents are constant and show an important difference between regions. Scientific research requires new and complementary approximations to explain and understand the human factor in aviation. Doctors and psychologists who work in aerospace medicine and human factors play an important role in achieving goals in aviation safety.

Key words: human factors, aviation accidents, aerospace medicine, aviation psychology, air travel safety.

Resumo

O fator humano tem sido considerado causa ou contribuição de 70 a 80% dos acidentes de aviação no mundo e constitui uma prioridade na investigação para a segurança aérea. As estatísticas mostram que os índices e causas de acidentes da aviação se mantem constantes, e identificam uma importante diferença entre regiões. La investigación científica requer de novas e complementarias aproximaciones para a explicação e a compreensão do fator humano na aviação. Os médicos e psicólogos que trabalham em medicina aeroespacial e os fatores humanos desempenham um importante papel para alcançar as metas em segurança aérea.

Palavras chave: fatores humanos, acidente de aviação, medicina aeroespacial, psicología da aviação, segurança aérea.

²⁶ Artículo derivado de la investigación titulada "El factor humano en accidentes de aviación en Colombia: una aproximación sociocultural". Tesis Doctoral conducida entre los años 2006 y 2009, en el Programa de Doctorado Interfacultades en Salud Pública de la Universidad Nacional de Colombia.

²⁷ Correspondencia: linaorl@yahoo.com

Introducción

La aviación, considerada dentro de los sistemas de alto riesgo, requiere de constantes avances en investigación acerca de la adaptación del ser humano a la tecnología, como del mantenimiento de la salud física, mental y del comportamiento, para el desempeño efectivo y seguro y la prevención de accidentes (Dekker, 2004; Leveson, 2004; Luxhoj y Hadjimichael, 2006; Wiegmann, Zhang, Von Thaden, Sharma y Gibbons, 2004).

En la investigación de accidentes de aviación se evalúan esencialmente tres factores: el humano, el técnico y el medio ambiental (Fuerza Aérea Colombiana [FAC], 2004). Se considera que un accidente se produce por factor humano cuando es debido al error de los pilotos o de otras personas que intervienen en las operaciones aéreas. El amplio desarrollo tecnológico alcanzado en la industria aeronáutica ha incrementado cada vez más la confiabilidad de las máquinas y reducido los accidentes por factor técnico; pero la accidentalidad en aviación atribuida al factor humano se ha convertido en un desafío en investigación científica ya que es causa o contribución de un 70 a un 80% de los accidentes (Boeing Comercial Airplanes, 2009; Di Nocera, Fabrizi, Terenzi y Ferlazzo, 2006; Gaur, 2005; Inglis, Sutton y McRandle, 2007; International Air Safety Association [IATA], 2009; Krulak, 2004; Li y Harris, 2006; Rayman, 2005; Shappell, Detwiler, Holcomb, Harkworth, Boquet y Wiegmann, 2007; Wiegmann y Shappell 2003). Analizar el factor humano a partir de los accidentes, que es como generalmente se acostumbra, es considerado una estrategia reactiva, y se propende más por el desarrollo de estrategias proactivas y predictivas (Organización de Aviación Civil Internacional [OACI], 2006).

El factor humano en aviación se ha estudiado desde diferentes perspectivas y disciplinas. La decisión de emplear uno u otro modelo depende de la filosofía y políticas de una empresa o de las disposiciones de las instituciones nacionales o internacionales a cargo de la seguridad aérea. A pesar de la tendencia hacia enfoques sistémicos, multidisciplinarios, en los que se incluya toda la organización, esta aproximación aún no se consigue.

Las estadísticas en el mundo muestran que las aeronaves se siguen accidentando por las mismas

causas, y la investigación de accidentes fatales continúa mostrando, en primer lugar, de acuerdo con la taxonomía y definiciones adoptadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y el Grupo de Seguridad de Aviación Comercial (CAST), categorías conocidas como la pérdida de control en vuelo y el vuelo controlado contra el terreno (LOC-I y CFIT, por sus siglas en inglés), en las cuales, según los parámetros establecidos, tanto las aeronaves como las tripulaciones de vuelo cumplen con los estándares de desempeño requeridos (Boeing Comercial Airplanes, 2009; IATA, 2009).

De acuerdo con diferentes estudios internacionales, realizados en los últimos años, siguen como principales factores causales o contribuyentes de accidentalidad los errores de las tripulaciones, en aspectos como baja alerta situacional, omisiones, juicio y decisión inadecuados, errores en los procedimientos, coordinación inadecuada de tripulación, falta de adherencia a procedimientos estandarizados, estrés, fatiga y desorientación espacial (Caldwell, Mallis, Caldwell, Paul, Miller y Neri, 2009; Shappell y Wiegmann, 2006; Rathjen *et al.*, 2008; Walters y Sumwalt, 2000). La investigación sobre las capacidades y limitaciones humanas permanece como elemento crítico para la seguridad aérea, retando los paradigmas existentes. Por tanto, es importante profundizar en nuevos abordajes que analicen la problemática más allá del individuo, en la búsqueda de aspectos estructurales.

La aviación es un importante foco de desarrollo para las naciones, pero es poca la investigación científica realizada en este campo en Colombia; en donde se trabaja y reglamenta por lo general a partir de estudios internacionales. Aunque se aprecia en los reportes de investigación de accidentes de aviación un análisis de factores humanos en mayor profundidad a través de los años, no hay un modelo que incluya categorías analíticas aplicadas a Colombia. Es importante estandarizar la forma cómo se recolecta la información, siendo lo más incluyentes posibles a través de un grupo multidisciplinario, con personas capacitadas en el tema, que pueda superar los aportes obtenidos desde modelos internacionales, enriqueciéndolos con categorías propias del contexto y la problemática de accidentalidad nacional. La comunidad aeronáutica en Colombia es pequeña si se

compara con la de países desarrollados, lo cual puede ser una fortaleza para la integración y manejo de información. Los médicos y psicólogos que trabajan en aviación desempeñan un papel fundamental para alcanzar las metas en seguridad aérea, es importante entender el papel estratégico de estos profesionales, que tienen un amplio campo de acción dentro de la comunidad aeronáutica.

Medicina Aeroespacial y factores humanos

Desde los inicios de la aviación se ha entendido la importancia del apoyo de médicos y psicólogos para el estudio del desempeño humano en su relación con las máquinas, y muy temprano nace la Medicina Aeroespacial (Davis, Johnson, Stepanek y Fogarty, 2008; DeHart, 2007; Rainford y Gradwell, 2006;). Sin embargo, de acuerdo con la forma tradicional de formación de estos profesionales desde las ciencias de la salud, humanas y de la seguridad, en Medicina Aeroespacial y Psicología de Aviación al igual que en Medicina Ocupacional, Medicina del Trabajo, Higiene y Seguridad Industrial, priman abordajes de tipo individualista, intervencionista, donde el objeto de estudio es la enfermedad, los factores de riesgo, los actos inseguros y los accidentes en sí mismos. La complejidad alcanzada en las operaciones aéreas requiere de nuevas aproximaciones.

Es competencia de los médicos de aviación, certificar la aptitud psicofísica de los pilotos, labor que es ampliamente apoyada por profesionales de la psicología. Este proceso consiste en evaluar y calificar la condición física y mental para actividades de vuelo, de acuerdo con estándares aeromédicos establecidos en la normatividad internacional y nacional, lo cual contribuye a la prevención de accidentes por factor humano, pero tiene un alcance limitado (Orford y Silverman, 2008).

Los aportes generados desde la investigación científica han logrado reducir ampliamente las novedades y los problemas de incapacitación súbita en vuelo por aspectos médicos (DeJohn, Wolbrink y Larcher, 2006), pero quedan muchos otros aspectos relacionados al concepto de salud que corresponden al trabajo de la medicina aeroespacial, la psicología de aviación y disciplinas afines. Por ejemplo, en el país el trabajo de médicos y psicólogos en apoyo a la aviación se ha limitado al proceso de certificación de

la aptitud psicofísica para selección, permanencia y evaluación post-accidente. Es importante incursionar en otras áreas como la educación y el entrenamiento, la investigación de accidentes y la investigación científica. Estos profesionales deben abrirse a otras propuestas que complementen y optimicen su desempeño en aviación, con el fin de servir como mediadores entre los diferentes niveles del sistema aeronáutico para un mejor trabajo en la problemática del factor humano.

Desde la perspectiva biomédica e individual, la forma tradicional como se enseñan las ciencias de la salud y los parámetros objetivos para determinar salud física y mental, son muchas las limitaciones que se encuentran para estudiar y detectar todos los aspectos relacionados con un asunto complejo y polifacético como el factor humano en aviación (Helmreich, Wilhelm, Klinect y Merritt, 2001; Rayman, 2005).

El concepto salud toma importancia particular cuando se habla del factor humano en aviación. La seguridad aérea es un campo donde la salud debe entenderse en toda su integridad, más allá de la ausencia de enfermedad. Por tanto, es fundamental entender el concepto de salud en positivo, y profundizar en la relación salud-trabajo-seguridad, donde el bienestar y la calidad de vida sean considerados en el estudio de la productividad y la gestión del riesgo. Entender la salud como fenómeno social, y a la aviación como proceso productivo complejo, permite articular el fenómeno conocido como factor humano en accidentes de aviación a todo el entorno operacional en que se desenvuelven los pilotos.

Sistemas complejos como la aviación obligan a la ruptura de paradigmas que desde las ciencias médicas y el positivismo se adquieren en la formación de los profesionales de la salud, que lleven a considerar, junto con los aspectos psicofísicos, los aspectos sociales (Quevedo y Hernández, 1994; Iriart Waitzkin, Breilh, Estrada y Merhy, 2002; Franco, 2003). Muchos pilotos que cumplen todos los parámetros de aptitud psicofísica establecidos se accidentan por factor humano. Esto lleva a la necesidad de superar la forma tradicional de ejercer la Medicina y la Psicología, sustentada primordialmente en la clínica, en la evaluación psicofísica y la interpretación de pruebas y exámenes de laboratorio, basada en los

modelos adquiridos durante la formación profesional y acorde con las exigencias del sistema de salud, que a pesar de velar por actividades de promoción y prevención no genera espacios para implementar estas prácticas.

La salud como fenómeno social, y por ende, el factor humano, no son fácilmente cuantificables, son referentes individuales que reflejan la acción social. El impulso de la investigación científica que genera nuevo conocimiento en este tema, contribuye a llenar los vacíos identificados en el trabajo diario con tripulaciones de vuelo.

Seguridad aérea y cultura

Las estadísticas de accidentes de aviación muestran amplias diferencias entre regiones, los países de Latinoamérica y el Caribe junto a los de África y algunos países de Asia continúan presentando, a través de los años, los más altos registros de accidentalidad mundial. Esto constituye a los países en desarrollo en una de las prioridades en investigación (International Civil Aviation Organization [ICAO], 2004; Batteau, 2002; IATA, 2009).

La aviación, como empresa global, requiere incentivar la armonización de estándares, normas y procedimientos entre regiones, buscando conseguir una cultura universal en aviación enfocada a un mayor rendimiento operacional. Con el incremento de la flota aérea, los amplios requerimientos de pilotos a nivel internacional hacen prioritario el estudio de las diferencias culturales. Se ha señalado la importancia de la investigación desde las regiones para una mejor adaptación e interacción como un aporte a la seguridad (Maurino, 1994; Soeters y Boer, 2000; Rayman, 2005).

Se reconoce un modelo dominante en aviación y a las diferencias culturales como condiciones latentes que pueden amenazar la seguridad aérea. Diferentes autores han señalado que estas diferencias pueden ser peligrosas, principalmente bajo presión y manejo de emergencias. Consideran que un buen piloto no es solamente el que tiene competencias técnicas, sino la capacidad para ser culturalmente efectivo, para relacionarse adecuadamente y seguir los procedimientos estandarizados. (Merritt y Ratwate, 1997; Falconer, 2005).

Maurino (1994) expuso la necesidad de enfatizar el entrenamiento aeronáutico, de acuerdo con el

contexto, considerando que el adecuado manejo del riesgo varía en las regiones según la percepción social, religión, moral, ética y valores sociales, entrenamiento que requiere de tiempo y recursos de los que no todos disponen. Helmreich (1994), a través de varios años de investigación, ha enfatizado el hecho de que muchos programas de entrenamiento para tripulaciones son importados y están desconectados de la cultura, aspectos que influyen en la forma de actuar ante situaciones de crisis, que afectan la capacidad para trabajar en equipo y la actitud hacia la automatización y la comunicación. El autor encontró, a través de sus investigaciones, que no se observa el mismo comportamiento en cabina en pilotos norteamericanos, europeos, asiáticos y latinoamericanos, mostrando fuertes diferencias en la interacción y el comando de aeronaves, respeto a reglas, rutinas y procedimientos, dando a entender que creencias sociales y culturales fueron fuertemente contrastantes en cuanto a la seguridad aérea (Helmreich y Merritt, 1998).

La comprensión de la importante contribución de los factores humanos a los accidentes de aviación, y en especial de los factores interpersonales, dio paso a una de las más reconocidas iniciativas implementadas a nivel mundial para mejorar la seguridad aérea: el entrenamiento en la Gestión de Recursos de Tripulación (CRM, por su sigla en inglés) (Organización de Aviación Civil Internacional [OACI], 1998; Rathjen *et al.*, 2008), llamado inicialmente Gestión de Recursos de Cabina (Cockpit Resources Management) al trabajarse sólo en pilotos, y posteriormente, Gestión de Recursos de Tripulación (Crew Resources Management) al extenderse a otros miembros de la tripulación o a otras personas relacionadas con las operaciones aéreas. El CRM se define como “el uso efectivo de todos los recursos disponibles, esto es, equipos, procedimientos y personas, a fin de lograr operaciones de vuelo seguras y eficaces” (OACI, 1998 pág.2-2-1). En una reciente definición, Rathjen *et al.* (2008), lo describen como “un entrenamiento formal diseñado para mejorar la coordinación de las tripulaciones, la comunicación y por consiguiente la seguridad en aviación” (Davis *et al.*, p. 491). En Colombia y los Estados Unidos, el entrenamiento en CRM es un requisito exigido por las Autoridades Aeronáuticas a las empresas comerciales de transporte aéreo para la expedición de licencias.

La mayor parte del desarrollo teórico de esta propuesta de entrenamiento se ha realizado desde la Psicología Social (Helmreich y Merritt, 1998; Helmreich *et al.*, 2001). Liderazgo, cooperación, toma de decisiones, alerta situacional, comunicación, carga de trabajo, estrés, fatiga, resolución de conflictos, son algunos de los temas con frecuencia tratados por el CRM. Las diferentes generaciones de CRM han trabajado sobre las interacciones dentro y fuera de la cabina, con los pilotos y con los diferentes grupos que intervienen en aviación, a través de talleres, prácticas en simulador o vuelo real. Aunque la tendencia mundial es hacia la armonización, estrategias como ésta pueden ser poco efectivas de acuerdo con la realidad social y cultural de cada país o región dentro de un mismo país; por lo cual, el manejo de la seguridad aérea puede requerir diferentes énfasis. De ahí la importancia de la investigación nacional y del papel de médicos y psicólogos interactuando con otras disciplinas en apoyo a las diferentes instancias aeronáuticas: la operativa, la empresarial, la estatal, la regulatoria internacional y la industria.

Por eso, uno de los aspectos más relevantes a considerar, con el fin de llegar a una estandarización razonable del estudio y manejo de los factores humanos, es el relacionado con la diversidad cultural. La influencia de la cultura en el comportamiento de los pilotos ha sido ampliamente reportada. Al respecto, hay diferentes definiciones de cultura desde los autores que la estudian en aviación. La cultura se define como “las normas, actitudes, valores y prácticas que los miembros de una nación, organización, profesión u otro grupo de gente comparte” (Federal Aviation Administration HF Team [FAA], 1996, p.117). Batteau (2002, p.150) la entiende como “un sistema aprendido de significados compartidos que proveen una guía y modelo de comportamiento”, y agrega que “... las diferencias culturales son continuamente recreadas”.

En los estudios de Anca y Sarmiento (1997) y Seva, Gutierrez, Been-Lim Duh y Chong (2007) se señaló que el CRM no se adecúa bien cuando hay incongruencia de los aspectos socioculturales, que prevalecen el contexto social, político y económico. Estos autores consideran que la cultura se identifica en las actividades prácticas de la vida diaria, y que a través del CRM se pueden transmitir actitudes positivas y ayudar al enriquecimiento de la propia

cultura. Indlekofer y Carrick (2006) resaltaron también, desde la investigación en aviación civil y militar, la importancia de indagar en la interacción social, el comportamiento de los grupos y el contraste entre culturas, lo cual es una oportunidad para aumentar la efectividad y la seguridad aeronáutica. Por ejemplo, aunque Helmreich *et al.* (2001) han considerado que una estrategia fundamental dentro de los factores humanos y el desarrollo de una cultura de seguridad es la última generación de CRM, denominada Threat and Error Management (TEM, por sus siglas en inglés), que vela por el vuelo seguro basado en el reconocimiento del riesgo y efectivo manejo del error causado por miembros de la tripulación, es importante reflexionar sobre los planteamientos de Dekker y Lundström (2006) cuando señalaron que los procesos sociales dicen más acerca de la habilidad de las tripulaciones para manejar la diversidad y la adversidad. Además, se manifiestan en contra de la tecnologización del CRM, indicando que las amenazas y los errores son contruidos socialmente.

Por otro lado, es conducente considerar lo que exponen Glendon, Clarke y Mckenna (2006), cuando resaltan la gran vulnerabilidad de la sociedad contemporánea a los riesgos tecnológicos y recomiendan tecnificarse menos e involucrar más lo social, ya que este medio ambiente es crítico para predecir la respuesta al riesgo, y por tanto se deben identificar grupos vulnerables para el trabajo en prevención. Estos autores resaltaron la importancia de incluir a gerentes y trabajadores, y la participación pública y democrática en las decisiones que involucran riesgo.

Aunque el CRM fue concebido para mejorar el trabajo y relaciones de grupo, y se ha extendido a otras personas dentro y fuera de la aeronave. En su evolución se está orientando más hacia el desarrollo de entrenamiento de habilidades técnicas, con el empleo de simulador de vuelo, y a estudios enfocados en el individuo, como el relacionado a aspectos de la personalidad. Es importante rescatar las aproximaciones que fortalecen la interacción social.

Las operaciones aéreas se realizan dentro de un mercado altamente competitivo, lo que obliga a la constante vigilancia del adecuado balance producción-salud-seguridad. Quizás una de las metas más anheladas y lógicas al trabajar en seguridad aérea,

es el desarrollo y fortalecimiento de una cultura de seguridad que impacte el trabajo diario en aviación. Ésta es entendida como “los valores, creencias, suposiciones y normas compartidos que pueden gobernar la toma de decisiones organizacionales, así como las actitudes individuales y grupales acerca de la seguridad” (Civarelli y Figlok, 1996, citados por Wiegmann *et al.*, 2001, p. 122).

En Colombia, la cultura de seguridad aún se manifiesta incipiente y se identifican amplias diferencias entre las diferentes regiones, tipos de operación y empresas. En el mundo, diversos autores muestran que una auténtica cultura de seguridad está sustentada en la confianza, así como en la motivación y satisfacción con el trabajo (Helmreich y Merritt, 1997; Helmreich *et al.*, 2001; Wiegmann, *et al.*, 2004; Indlekofer y Carrick, 2006). Además, que para alcanzar una cultura de seguridad hay que efectuar monitoreo y vigilancia, pero ante todo contar con un sistema de reporte fortalecido, lo cual requiere el compromiso de gerentes y operadores.

Helmreich y Merritt (1997) reconocieron que los avanzados sistemas de monitoreo en cabina no dan información adecuada sobre problemas sistémicos, lo cual se consigue mejor con identificación del contexto a través de la información suministrada por los pilotos, esta es una fortaleza de la investigación cualitativa. Han expuesto también que debe fomentarse la cooperación entre industrias, empresas y regiones para compartir experiencias que incrementen la seguridad, lo que resalta la importancia del fortalecimiento de las relaciones sociales.

Las prácticas en seguridad varían de un lugar a otro y es a través del desarrollo de investigación que se pueden identificar aspectos positivos y negativos de una cultura para impactar la educación y el entrenamiento. Con el fin de desarrollar una cultura de seguridad, se recomienda trabajar en reforzar comportamientos positivos más que simplemente sancionar los negativos, e implementar una forma educativa de corregir los problemas a través de prácticas no punitivas (Helmreich *et al.*, 2001; Dekker, 2004; Glendon *et al.*, 2006). Al respecto, Wallace y Rose (2006) indicaron que los grupos pueden funcionar mejor si son grandes, cognitivamente diversos y no jerárquicos, es decir, que la información fluya libremente, a lo que llaman un consenso social saludable.

Es claro, entonces, que en la conformación de una auténtica cultura de seguridad intervienen muchos componentes, esencialmente los principios, los valores, la educación, y ante todo, la voluntad colectiva, superando las competencias comerciales. Al trabajar sobre su desarrollo se debe considerar tanto la influencia del contexto internacional de globalización y armonización, como los aspectos sociales, políticos, económicos y culturales que intervienen en el contexto nacional.

Aportes y limitantes desde los diferentes abordajes para el estudio del factor humano en aviación

Weigmann y Shappell (2003) realizaron, en su libro “A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis. The Human Factors Analysis and Classification System”, una completa revisión de las perspectivas para el estudio del error humano. Ésta constituye un muy buen marco de referencia respecto a los aportes generados al conocimiento de este fenómeno a través de la historia y permite aclarar el campo de acción de los profesionales de la salud y otras disciplinas.

Una de las más tradicionales es la perspectiva aeroméica, la cual trabaja sobre condiciones mentales, físicas o fisiológicas (Rainford y Gradwell, 2006; DeHart, 2007; Davis *et al.*, 2008). Es desde esta aproximación, donde se han generado los principales aportes al proceso de certificación aeroméica de los pilotos.

También está la perspectiva conductual, la cual considera el desempeño relacionado a la motivación y las experiencias vividas, en el que influyen los reconocimientos, premios o castigos, que se adoptan con frecuencia como prácticas de seguridad dentro de las organizaciones (Gary, 2002).

Una perspectiva de gran desarrollo y reconocimiento es la cognitiva, ampliamente utilizada en procesos de selección y entrenamiento que atribuye el error al piloto de acuerdo con esquemas mentales, percepción, atención, memoria, procesamiento de información y toma de decisiones (Strater, 2005).

Otra perspectiva de gran receptividad es la psicosocial, en la cual se ven las operaciones de vuelo como actividades sociales que envuelven interacciones entre una variedad de individuos,

ampliamente utilizada también para entrenamientos como el CRM (Helmreich *et al.*, 2001; Farmer, 2006; Rathjen *et al.*, 2008).

Aunque han generado valiosos aportes, estos abordajes están dirigidos primordialmente hacia el operador de la aeronave y, generalmente, conducen a considerar al piloto como el responsable y el eslabón más débil de la seguridad aérea. Evalúan y manejan principalmente el microcontexto individual y se aproximan poco hacia la identificación de la relación con el modo de vida de los grupos, con el macrocontexto social y la determinación, dando prioridad a la producción y las organizaciones, con menor reconocimiento hacia aspectos positivos de calidad de vida y de trabajo, salud y seguridad.

Intentando superar el énfasis en los errores de los pilotos, surge una de las propuestas más integradoras: la perspectiva sistémica que propone un modelo que integra al individuo con la máquina, los procedimientos, el ambiente aeronáutico y las demás personas. Aunque esta perspectiva ha sido ampliamente difundida, se evidencia un particular énfasis en la relación individuo-máquina, el acondicionamiento de las cabinas, la creación de nueva tecnología y normatividad (OACI 1998; Masys, 2005).

En la actualidad, una de las perspectivas más ampliamente desarrolladas es la organizacional, la cual ha incursionado con gran fuerza para el estudio del factor humano en los diferentes países (Reason, 1990). Desde esta perspectiva se diseñó el modelo conocido como Sistema de Clasificación y Análisis de Accidentes e Incidentes de Aviación por Factor Humano (Hfacs, por su sigla en inglés). En ésta se consideran diversas categorías de factores humanos en los diferentes niveles dentro de la organización. En un primer nivel, están las fallas activas, que corresponden a los actos inseguros y errores de los pilotos; en un segundo nivel, las fallas latentes o precondiciones para actos inseguros como todas aquellas condiciones que pueden afectar el rendimiento del piloto; y en tercer y cuarto niveles las fallas latentes, consistentes en errores de supervisión y organizacionales (Wiegmann y Shappell, 2003). Pero si bien el modelo Hfacs se concibe para la identificación de las fallas en los diferentes niveles, generalmente los reportes de accidentes sólo permiten el análisis del primer nivel, lo que limita los

aportes de muchas investigaciones científicas como lo muestran varios estudios (Wiegmann y Shappell, 2001; Inglis *et al.*, 2007).

De acuerdo con la experiencia adquirida desde la investigación en Colombia, se considera que para aprovechar mejor la concepción del modelo Hfacs, que estudia el factor humano a partir de los reportes de accidentes de aviación concluidos. Sería conveniente emplearlo en la práctica diaria y en el proceso mismo de investigación de accidentes. Muchas veces estos modelos quedan solamente para el manejo de los científicos y no de las personas directamente involucradas con las operaciones y la investigación de los accidentes. Además, aunque un modelo organizacional como éste permite una descripción minuciosa, fragmentada y matemática de la realidad, y establece relaciones lineales causa-efecto, identifica múltiples factores, pero hace mantener la percepción de que se siguen cometiendo los mismos errores a pesar de la implementación de acciones de mejora, es un abordaje limitado que dificulta visualizar nuevas propuestas que reduzcan la accidentalidad.

También, se han generado aportes a la seguridad con la inclusión de herramientas gerenciales como los diferentes modelos de gestión de la calidad en salud y seguridad ocupacional y operacional para el manejo del riesgo en la industria, en particular el proceso de implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional en Aviación (SMS, por su sigla en inglés) que se lleva a cabo en los diferentes países, incluido Colombia (OACI, 2006; Evans, Watson, Evans, Hasting, Singh y Thibeault, 2009).

Por consiguiente, es importante hacer énfasis que la estructura desde perspectivas sistémicas y organizacionales, y la gestión del riesgo como herramienta gerencial permiten obtener gran número de datos, dejan también grandes vacíos. El paradigma positivista, bajo el cual son concebidos estos modelos, lleva a la explicación por factores y a una causalidad lineal, lo cual genera dificultades para identificar las interacciones entre las distintas partes y niveles y no permite resaltar el dinamismo y complejidad de la aviación como sistema. Esto hace difícil la identificación de problemas estructurales que orienten a nuevas estrategias de intervención. Continúan arrojando datos desarticulados, que enfatizan principalmente el error del piloto,

conduciendo a medidas de intervención fragmentadas (Shappell y Wiegmann, 2006). Son enfoques muy técnicos, en los cuales lo social y cultural se considera como influencia externa y no se logra apreciar que el proceso de trabajo es una forma de organización que determina la actuación de las personas. igualmente, estos abordajes llegan hasta el nivel empresarial y no incluyen la articulación con las políticas nacionales e internacionales, específicamente la intervención de la autoridad aeronáutica estatal y la dinámica de la misma industria aeronáutica, fundamentales en una empresa global pluricultural. La mayoría de los estudios tienen un enfoque cuantitativo, basado principalmente en los registros de las investigaciones de accidentes. Describen una serie de factores y medidas para intervenirlos. Es importante emplear aproximaciones que pongan en diálogo todos esos aspectos.

En el contexto colombiano, los problemas identificados a través del modelo Hfacs conducen a plantear soluciones como mayor entrenamiento, normatividad, estandarización, vigilancia y control, implementación de mayor tecnología, más desarrollo tecnológico. Éstos, aunque son indiscutiblemente importantes, muchos son de difícil acceso o cumplimiento para todas las personas y organizaciones en el medio aeronáutico si no se enmarcan dentro de una armonización pluricultural, participativa y equitativa.

Los aspectos estructurales continúan poco visibles, apenas insinuados. Esto muestra que es necesario implementar aproximaciones que lleven mas allá de la visualización de factores y estrategias que intentan impactar esos factores igualmente fragmentadas, como ha sido aprendido desde el rigor científico de las ciencias de la salud y la seguridad.

En el país, se ha mostrado que un importante complemento se puede generar desde la investigación cualitativa, indagando sobre las experiencias, prácticas y significados de los sujetos en estudio. Al aplicar técnicas de investigación cualitativa, se evidencia la complejidad de las personas y la dificultad para la estandarización. Permite develar lo humano del factor humano, sus fortalezas y debilidades, sus contradicciones. También ayuda a entender que a través del diálogo de acuerdos y diferencias se puede aproximar a la realidad social de este fenómeno en aviación en regiones específicas, y a su incorporación en la dinámica internacional.

Es decir, una articulación puede ser promovida al considerar una aproximación sociocultural que ayude a complejizar la forma como se entiende el fenómeno, a través de la identificación de relaciones y procesos en un contexto determinado. Con este abordaje se induce a transitar desde un pensamiento factorizado, que asigna responsabilidad individual (del piloto principalmente) y lleva a medidas de intervención focalizadas y de efectividad limitada, hacia un pensamiento sistémico que induce al compromiso de todos los miembros del medio aeronáutico para generar cambios estructurales.

Necesidad de nuevas aproximaciones

De acuerdo con lo tratado, es claro que la constancia en los índices y causas de accidentalidad muestran que la forma en que se están explicando y comprendiendo los problemas relacionados al factor humano en accidentes de aviación necesita profundizarse. Es importante entender que los factores humanos son referentes individuales que reflejan la acción social, y la explicación por factores hacen perder sus relaciones generativas y su capacidad explicativa.

Al identificar los vacíos y limitantes desde los diferentes abordajes, se ha considerado en el país la propuesta de una aproximación sociocultural que ayude a la integración, a entender las relaciones e interacciones al ubicar la problemática en el contexto y poner en diálogo los diferentes aspectos, como se realiza para el estudio de la salud en el trabajo desde los planteamientos de la salud pública, la medicina social y la salud colectiva, en los cuales se entiende lo social y cultural como estructural y determinante.

Reconociendo los requerimientos en investigación en el área, esta propuesta se estructura con el fin de enriquecer la comprensión y explicación del fenómeno del factor humano, a través del estudio del modo de vida de los pilotos, de la salud en el trabajo, privilegiando el concepto de salud en positivo en el desarrollo de las potencialidades humanas, y la identificación de procesos críticos y determinantes sociales de accidentalidad.

Diferentes autores han coincidido en resaltar la importancia del estudio de los aspectos sociales y culturales para el trabajo en salud y seguridad (Soeters y Boer, 2000; Glendon *et al.*, 2006; Bennet, 2006), pero se ha visto muy difícil operacionalizar estas

propuestas más allá de la identificación de factores sociales y culturales. Por ejemplo, García (2002) expuso la importancia de considerar la interacción del sistema ergonómico y su entorno, como un ambiente dinámico que varía según los diferentes escenarios. También, Batteau (2002) ha propuesto una aproximación antropológica a la cultura y la seguridad aérea que supere el modelo tradicional de factores humanos, que indague sobre grupos y culturas, para realizar un diálogo entre similitudes y diferencias, como complemento al estudio del comportamiento individual, mas allá de la vista atomista de los sistemas, hacia una vista más holística de interacción dinámica. Al respecto, Falconer (2006) planteó un abordaje teórico, combinado a la cultura organizacional en aviación que integrara el antropológico, el psicológico y el gerencial, dándole la función unificadora a este último, pero señaló también la inquietud de cómo implementarlo.

Es valioso considerar, como lo expusieron Wallace y Rose (2006), que no existen eventos en sí mismos, sino que siempre existen en un contexto histórico y cultural. Estos autores, quienes han adelantado investigaciones en las industrias ferroviaria, nuclear y de defensa, destacaron la importancia de identificar el contexto social, considerando lo social en positivo. En general, como lo registraron Glendon *et al.* (2006), hay una crítica hacia las aproximaciones sociales y culturales para el manejo del riesgo porque se consideran muy teóricas; por lo cual, se prefieren las aproximaciones técnicas que son mucho más prácticas. Estos autores propusieron una aproximación holística en que converjan modelos y disciplinas, que contemple el contexto político, social, económico, científico, histórico y cultural y que actúe sobre el campo técnico, de salud, psicológico, gerencial y regulatorio.

Al respecto de este tipo de estudios, García (2002) ha recomendado un enfoque que contemple en detalle las interacciones y un trabajo multidisciplinario que permita analizarlas en profundidad, sin perder la perspectiva, ya que la especialización desde una sola disciplina genera fragmentación. También, es importante considerar lo indicado por Bunge (2004), cuando expone que la supra-especialización de las ciencias estrecha los puntos de vista y hace difícil la convergencia. Que hay que construir puentes entre las

disciplinas, dada la naturaleza sistémica, polifacética y multinivel de muchos problemas.

Por lo tanto, es importante entender que la investigación de un fenómeno como el factor humano en accidentes de aviación obliga a la ruptura de fronteras disciplinares (Sarmiento, 2008). Una propuesta de investigación del factor humano en accidentes que propenda por la transdisciplinariedad ayuda a identificar el problema en la estructura social; en las interacciones, relaciones y determinaciones entre los niveles individuales, empresariales, estatales y globales; y en el manejo de los conflictos y las mediaciones para poder trabajar hacia la transformación (Sánchez, 2008).

Diferentes autores han planteado categorías de análisis para el estudio de la salud en el trabajo, los cuales permiten apreciar la importancia de considerar el contexto sociocultural para profundizar en la comprensión de esta relación. Por ejemplo, Laurell (1993) presentó al “proceso de trabajo” (proceso de producción) como categoría para el estudio de la salud en el trabajo, donde confluyen aspectos sociales y psicobiológicos. De Almehida Filho (2000) abordó el concepto de “modo de vida” para enfocar las prácticas sociales cotidianas, que debe ir articulado al trabajo y la reproducción social, para la comprensión del proceso salud-enfermedad, resaltando la importancia de abrir la ciencia epidemiológica a la investigación de los aspectos simbólicos, de signos y significados, en busca del sentido del riesgo y sus determinantes en la sociedad.

Breilh (2003) hizo una crítica a la epidemiología de los factores causales de riesgo, como aspectos externos, que enfatizan en un abordaje terminal. Propuso una epidemiología de los “modos de vida” de los grupos, que corresponde a su realidad histórica y praxis social, los “estilos de vida” cotidiana de las personas y los “procesos críticos” en un espacio de acción, el análisis de las determinaciones del movimiento y las relaciones generativas de un objeto complejo como la salud en el trabajo, empleando los recursos de las ciencias sociales ligadas a las ciencias biológicas.

Desde una aproximación sociocultural al factor humano en aviación, como la planteada, la noción de proceso crítico se considera muy útil para el estudio de la salud en el trabajo y en particular para el estudio

de la accidentalidad. Breilh (2003) define al Proceso Crítico como “un objeto dinámico de transformación sobre el que incide una gestión de salud y/o ambiental. Es un objeto que debe ser colectivamente construido con la participación activa de los sujetos académicos, institucionales y de la colectividad.” (p. 299), también registra que el proceso crítico para plantearse o construirse implica repensar el problema de acuerdo con dimensiones del perfil epidemiológico (es decir con la dimensión general de la lógica social involucrada; la dimensión particular de un grupo clave, afectado y dispuesto a la acción, con sus soportes, relaciones y alianzas; y la dimensión individual de los problemas terminales de salud y de su impacto ambiental que se deban destacar como elemento movilizador, y suficientemente percibido como un problema que amerita solución (p. 300).

Breilh señaló que lo no saludable no corresponde exactamente a lo enfermo, pues hay condiciones de vida en las cuales las personas no están enfermas, pero se encuentran bajo condiciones destructivas. Indicó también que el reduccionismo biofisiológico culpabiliza a las víctimas y descuida la comprensión de procesos sociales y culturales que operan de modo estructural. Por tanto, propuso la ruptura de la noción de factor a la noción de proceso.

Aunque para el estudio del factor humano en aviación es difícil cambiar radicalmente el concepto de riesgo como lo propuso este autor, ya que en este paradigma está sustentada gran parte de la doctrina en seguridad aérea con valiosos aportes y resultados, incluyendo el más reciente Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional-SMS; es conducente enfatizar que uno de los más valiosos planteamientos desde la epidemiología crítica hacia la teoría del riesgo, es la distinción entre “exposición” e “imposición” (Breilh, 2003). Identificar el problema a nivel individual, donde se da generalmente la más clara manifestación, ayuda al trabajo en prevención, pero es importante reflexionar sobre la sustentación del riesgo sólo en términos de “probabilidad” y “severidad”, que va más ligado al concepto de “exposición” o susceptibilidad individual y convierte a los pilotos en “administradores de riesgos”. Esta forma de entender el riesgo lleva principalmente a culpar al operador, el cual termina siendo el mayor afectado. Es fundamental establecer la diferencia entre una exposición eventual o permanente, a la

que Breilh denomina “imposición”, para identificar vulnerabilidades. Al elucidar las relaciones y determinaciones entre niveles, se puede hacer una mejor transición desde las causas o factores a los procesos críticos. Por lo cual, riesgo y determinación no son excluyentes, sino complementarios.

De acuerdo con Breilh (2003), la investigación epidemiológica debe destacar los procesos de mayor importancia para la acción. Esto con el fin de contrarrestar aquellos que se manifiestan negativos o destructivos para la prevención de enfermedad o de accidentes y fomentar aquellos que se manifiestan positivos o protectores para la promoción de la salud y protección de la vida. Desde una aproximación sociocultural a la accidentalidad en aviación, se considera que los procesos conectan los factores humanos con la vida social y, al impactarlos se pueden generar cambios estructurales.

Como se enfatizó, es con la ayuda de los métodos de investigación cualitativa que se puede abordar esta temática en profundidad, profundizando en las experiencias, prácticas y significados, en un contexto específico (Pourtois y Desmet, 1992; Brewer y Hunter, 2006).

El acercamiento desde los diferentes matices, presentados por la cultura en un contexto social específico, enriquece el entendimiento de la problemática de estudio, a través de los colectivos más que en los individuos, y ayuda a la identificación de determinantes estructurales que deben ser impactados para promover la salud, la calidad de vida y reducir accidentes.

De esta manera, la investigación del factor humano, en accidentes de aviación a través de una aproximación sociocultural desde el campo de la salud pública, para el trabajo en medicina aeroespacial y seguridad aérea, permite actuar de una manera transdisciplinaria. Esto se lo logra aprovechando los objetivos y métodos de las ciencias médicas, humanas y sociales, e indagando sobre las perspectivas de los diferentes actores sociales del medio aeronáutico para enriquecer el conocimiento adquirido desde otras aproximaciones, e identificar los procesos críticos que actúan de manera estructural. Contribuye a entender la aptitud psicofísica de los pilotos como salud en el trabajo y a estudiar la accidentalidad de una manera más integral y articulada, más allá del riesgo, en el proceso de trabajo, el modo y estilo de

vida de los pilotos. Desde esta perspectiva, no se toma como objeto de estudio a la enfermedad, los riesgos o los accidentes, sino a la salud y las personas.

Esta propuesta conduce a medidas de intervención de tipo proactivo y predictivo más que reactivo, como es la meta desde las instituciones que reglamenta la seguridad aérea mundial, es decir, enfatizando en estrategias positivas.

Conclusión

El estudio del factor humano, en aviación, se ha convertido en una meta para la investigación científica, durante este milenio, con el fin de mejorar los márgenes alcanzados en seguridad aérea. Con el incremento de la flota aérea y el número de pasajeros y bienes transportados, el mantenimiento de los índices y causas de la accidentalidad hacen indispensable la propuesta de nuevas aproximaciones y estrategias de intervención. Las diferencias en las tasas de accidentalidad, entre las regiones en el mundo, colocan a los países en desarrollo como prioridad de la investigación, y conducen a considerar los aspectos sociales y culturales como determinantes. La aviación constituye un área fundamental de desarrollo nacional; los médicos y psicólogos en el país deben reconocer el importante campo de acción en Medicina Aeroespacial y factores humanos.

Referencias

- Anca J. M. y Sarmiento M. C. (1997). CRM is in the heart (of Asia). *Ninth International Symposium on Aviation Psychology*, 615-618.
- Batteau, A. W. (2002). Anthropological approaches to culture, aviation, and flight safety. *Human Factors and Aerospace Safety*, 2(2), 147-171.
- Bennet, S. A. (2006). *A sociology of commercial flight crew*. Hampshire, UK: Ashgate.
- Boeing Commercial Airplanes. (2009). *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations 1959-2008*. Recuperado el 15 enero, 2010, de <http://www.boeing.com>
- Breilh, J. (2003). *Epidemiología Crítica: Ciencia emancipadora e interculturalidad*. Buenos Aires: Lugar Editorial A.
- Brewer, J. y Hunter, A. (2006). *Foundations of Multimethod Research. Synthesizing Styles*. London: Sage Publications, Inc.
- Bunge, M. (2004). *Emergencia y convergencia. Novedad cualitativa y unidad del conocimiento*. Barcelona: Editorial Gedisa, S.A.
- Caldwell, J. A., Mallis, M., Caldwell, J. L., Paul, M. A., Miller, J. C. y Neri, D. F. (2009). Fatigue countermeasures in aviation. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 80, 29-59.
- Davis, J. R., Johnson, R., Stepanek, J. y Fogarty, J. A. (2008). *Fundamentals of Aerospace Medicine*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- De Almeida-Filho, N. (2000). *La ciencia tímida. Ensayos de deconstrucción de la epidemiología*. Buenos Aires: Lugar Editorial S.A.
- DeHart, R. L. (2007). Aerospace Medicine. En: R. B. Wallace, (Ed.), *Public Health & Preventive Medicine (15 ed.)* (pp. 909- 918). New York: McGraw Hill.
- DeJohn C. A., Wolbrink, A.M. y Larcher J. G. (2006). In-flight medical incapacitation and impairment of airline pilots. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 77, 1077-1079.
- Dekker, S. W. A. (2004). Why we need new accident models. *Human Factors and Aerospace Safety*, 4 (1), 1-18.
- Dekker, S. W. A., y Lundström, J. (2006). From threat and error management (TEM) to resilience. *Human Factors and Aerospace Safety*, 6(3), 261-273.
- Di Nocera, F., Fabrizi, R., Terenzi, M. y Ferlazzo, F. (2006). Procedural errors in air traffic control: Effects of traffic density, expertise, and automation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 77, 639-643.
- Evans, A. D., Watson, D. B., Evans, S. A., Hasting, J., Singh, J. y Thibeault, C. (2009). Safety Management as a foundation for evidence-based aeromedical standards and reporting of medical events. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 80, 511-515
- Falconer, B. (2005). Cultural challenges in Australian military aviation: soft issues at the sharp end. *Human Factors and Aerospace Safety*, 5(1), 61-79.
- Falconer, B. (2006). Organizational performance and culture in aviation: exploring and recasting existing theoretical approaches. *Human Factors and Aerospace Safety*, 6(3), 217-236.

- Farmer, E.W. (2006). Crew resource management. In: Rainford, D.J., Gradwell, D. P. *Aviation Medicine*. New York: Hodder Arnold Ltd.
- Federal Aviation Administration (1996). The interfaces between flightcrews and modern flight deck systems. FAA Human Factors Tem Report. Washington DC: Federal Aviation Administration.
- Franco, S. (2003). *La salud pública hoy. Enfoques y dilemas contemporáneos en salud pública*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2004). *Manual de Investigación de Accidentes Aéreos*. Bogotá: Imprenta y Publicaciones Fuerzas Militares.
- García, G. (2002). *La Ergonomía desde la visión sistémica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Gary, G. (2002). Guidelines for the psychological evaluation of air crew personnel. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*, Philadelphia, Hanley & Belfus, Inc.
- Gaur, D. (2005). Human factors analysis and classification system applied to civil aircraft accidents in India. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 76, 501-5.
- Glendon, A. I., Clarke, S. G., y McKenna, E. F. (2006). *Human Safety And Risk Management* (2da Edición). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Helmreich, R. L. (1994). Anatomy of a system accident: The crash of Avianca Flight 052. *The International Journal of Aviation Psychology*, 4(3), 265-284.
- Helmreich, R.L., y Merritt, A.C. (1998). *Culture at Work in Aviation and Medicine. National, Organizational and Professional Influences*. Hampshire, UK: Ashgate.
- Helmreich, R. L., Wilhelm, J.A., Klinec, J. R., y Merritt, A. C. (2001). Culture, error, and crew resources management. En: E. Salas, C. A. Bowers y E. Edens (Eds.), *Improving Teamwork in Organizations. Applications Of Resources Management Training*. London: LEA Publishers.
- Indlekofer, U. R., y Carrik, K. (2006). Leadership and followership in aviation: cross-organisational comparison of concepts in civilian and military multi-crew flight deck cultures. *Human Factors and Aerospace Safety*, 6(3), 247-259.
- Inglis, M., Sutton, J. y McRandle, B. (2007). *Human Factors Analysis Of Australian Aviation Accidents And Comparison With The United States*. ATSB Transport Safety Investigation Report. Aviation Research and Analysis Report-B2004/0321 Final. Australia.
- International Air Safety Association, [IATA] (2009). *Safety Report 2008* (45^{va} Edición. Montreal: Editorial
- International Civil Aviation Organization, [ICAO] (2004). *Human factors digest No.16. Cross-cultural factors in aviation safety* (Circular 302-AN/175). Montreal, Canada.
- Iriart, C., Waitzkin, H., Breilh, J., Estrada, A., y Merhy, E. (2002). Medicina social latinoamericana: aportes y desafíos. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 12(2), 128-136.
- Krulak, D.C. (2004). Human factors in Maintenance: Impact on aircraft mishap frequency and severity. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 75, 429-432.
- Laurell, A.C. (1993). La construcción teórico-metodológica de la investigación sobre salud de los trabajadores. *Organización Panamericana de la Salud. Investigación en salud*, 13 - 35.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering saber systems. *Safety Science*, 42, 237-270.
- Li, W. C., y Harris, D. (2006). Pilot error and its relationship with higher organizational levels: HFACS analysis of 523 accidents. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 77, 1056-1061.
- Luxhoj, J. T., y Hadjimichael, M. (2006). A hybrid fuzzy-belief network (HFBN) for modelling aviation safety risk factors. *Human Factors and Aerospace Safety Vol 6*(3), 191-215.
- Masys, A. J. (2005). A systemic perspective of situation awareness. An analysis of the 2002 mid-air collision over Uberlingen, Germany. *Disaster Prevention and Management*, 14(4), 548-557.
- Maurino, D. (1994). Crosscultural perspectives in human factors training: Lessons from the ICAO human factors program. *The International Journal of Aviation Psychology*, 4(2), 173-181.
- Merritt, A.C., y Ratwate, S. (1997). Who are you calling a safety threat?! A debate on safety

- in mono-versus multi-cultural cockpits. *Ninth International Symposium on Aviation Psychology*, 661-666.
- Orford, R. R. y Silverman, W.S. (2008). Pilot health and aeromedical certification. En: J. R. Davis., R. Johnson, J. Stepanek y J. A. Fogarty (Eds.), *Fundamentals of Aerospace Medicine*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Organizacion de Aviacion Civil Internacional [OACI] (1998). *Manual de instrucción sobre factores humanos* (1raed.). Montreal, Canadá: Editorial.
- Organización de Aviación Civil Internacional [OACI] (2006). *Manual de gestión de la seguridad operacional* (1ra ed.) Ciudad: Editorial.
- Pourtois, J. P. y Desmet, H. (1992). *Epistemología e instrumentación en ciencias humanas*. Barcelona: Editorial Herder.
- Quevedo, E. y Hernández, M. (1994). La articulación del conocimiento básico biológico y social en la formación del profesional de la salud: una mirada desde la historia. En: M. I. Rodríguez (Coord.), *Lo biológico y lo social. Su articulación en la formación del personal de salud. Serie Desarrollo de Recursos Humanos, 101*, 13-34.
- Rainford, D. J. y Gradwell, D. P. (2006). *Aviation Medicine*. New York: Hodder Arnold Ltd.
- Rathjen, T., Whitmore, M., McGuire, K., Goel, N., Dinges, D. F., Tvaryanas, A. P., Zehner, G., Hudson, J., Dismukes, R. K. y Musson, D. M. (2008). An introduction to human factors in aerospace. En: J. R. Davis, R. Johnson, J. Stepanek, y Fogarty, J. A. (Eds.), *Fundamentals of Aerospace Medicine*. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.
- Rayman, R. B. (2005). Aerospace Medicine: Challenges and Opportunities. *Aviation, Space, and Environmental Medicine, 76*, 992-996.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. New York: Cambridge University Press.
- Sánchez, L. M. (2008). Medicina Aeroespacial y factores humanos en aviación. La importancia de una aproximación transdisciplinaria a la salud. *Revista Med, 16(2)*, 249-260.
- Sarmiento, M. I. (2008). Modelos explicativos de los procesos de salud y enfermedad: de los factores a los fenómenos de frontera. En: H. Cárdenas, (Ed.), *Visiones sobre Medicina Comunitaria*. Bogotá: Editorial Kimpress.
- Seva, R. R., Gutiérrez, A. M., Been-Lirn Duh, H. y Chong, J. (2007). An evaluation of CRM attitudes of Filipino pilots in four Philippine aviation companies. *The International Journal of Aviation Psychology, 17(3)*, 285-298.
- Shappell, S.A. y Wiegmann, D.A. (2006). *Developing a Methodology for Assessing Safety Programs Targeting Human Error in Aviation*. (DOT/FAA/AM-06/24) Washington, DC: Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine.
- Shappell, S., Detwiler, C., Holcomb, K., Harkworth, K., Boquet, A. y Wiegmann, D. A. (2007). Human error and commercial aviation accidents: An analysis using the human factors analysis and classification system. *Human Factors, 49(2)*, 227-242.
- Soeters, J. L. y Boer, P. C. (2000). Culture and flight safety in military aviation. *The International Journal of Aviation Psychology, 10(2)*, 111-113.
- Strater, O. (2005). *Cognition and Safety*. Hampshire, Inglaterra: Camilibrar.
- Wallace, B. y Ross, A. (2006). *Beyond Human Error: Taxonomies and Safety Science*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Walters, J. M. y Sumwalt, R. L. (2000). *Aircraft Accident Analysis: Final Reports*. New York: McGraw-Hill.
- Wiegmann, D.A. y Shappell, S.A. (2001). *A human error analysis of commercial aviation accidents using the human factors analysis and classification system (HFACS)*. (DOT/FAA/AM-01/3) Washington, DC: Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine.
- Wiegmann, D. A. y Shappell, S. A. (2003). *A human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System*. Burlington: Ashgate.
- Wiegmann, D., Zhang, H., von Thaden, T., Gibbons, A. and Sharma, G. (2004). Safety culture: An integrative review. *International Journal of Aviation Psychology 14(2)*, 117-134.