VENTAJA TECNOLÓGICA ASIMÉTRICA Y GEOPOLÍTICA DE BLOQUES: LA ECONOMÍA MUNDIAL ANTE LA REVOLUCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (2026-2076)

Diego Luis Vera Parra

MSc. Gestión del Turismo Sostenible
Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Doctorado en Gestión de Investigación y Desarrollo
Paracotos, Venezuela

Celular: 04123013765
Email: diego.vera@ucv.ve
ORCID iD: 0009-0007-9472-2184

Temática: 2. Tecnologías Emergentes y Transformación Digital Subtema: Inteligencia Artificial y Big Data aplicados a la investigación

RESUMEN

El presente trabajo propone un marco teórico original denominado Teoría de la Ventaja Tecnológica Asimétrica y Geopolítica de Bloques para explicar el comportamiento proyectado de la economía mundial durante el periodo 2026-2076. Mediante investigación documental prospectiva se sintetizan y actualizan la Teoría de la Dependencia, el Modelo de Crecimiento Endógeno y el concepto de Fragmentación Geoeconómica, argumentando que la Inteligencia Artificial, los semiconductores avanzados y la computación cuántica constituyen el nuevo eje de acumulación de poder global. Se proponen cinco indicadores macroeconómicos formalizados matemáticamente y se formulan cuatro hipótesis sobre la dinámica económica internacional, demostrando con datos empíricos de países representativos la factibilidad de su medición. El análisis concluye que la economía mundial se reorganiza en tres bloques jerárquicos determinados por el grado de soberanía computacional de cada nación, y que América Latina enfrenta el riesgo de consolidarse como periferia algorítmica si no reorienta con urgencia sus políticas de Gestión de Investigación y Desarrollo hacia la construcción de capacidades tecnológicas endógenas.

Palabras clave: *ventaja tecnológica asimétrica, geopolítica de bloques, inteligencia artificial, soberanía computacional, fragmentación geoeconómica, periferia algorítmica.*

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACNUR: Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados

AIE: Agencia Internacional de Energía

BEA: Bureau of Economic Analysis (Oficina de Análisis Económico de EE.UU.)

BPPID: Balanza de Pagos de Propiedad Intelectual Digital

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CHIPS Act: Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors and Science Act

CORPOELEC: Corporación Eléctrica Nacional de Venezuela

DICA: Densidad de Infraestructura Crítica Autónoma

EUV: Extreme Ultraviolet Lithography (Litografía Ultravioleta Extrema)

FMI: Fondo Monetario Internacional

HHI: Índice de Herfindahl-Hirschman

IA: Inteligencia Artificial

IIB: Índice de Interdependencia de Bloque

ISC: Índice de Soberanía Computacional

IXP: Internet Exchange Point (Punto de Intercambio de Internet)

MACTOR: Método de Actores, Objetivos, Relaciones de Fuerza

MICMAC: Matrices de Impactos Cruzados – Multiplicación Aplicada a una Clasificación

NSF: National Science Foundation (Fundación Nacional de Ciencias de EE.UU.)

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

OIT: Organización Internacional del Trabajo

OPEP: Organización de Países Exportadores de Petróleo

PetaFLOPS: Unidad de medida equivalente a 10^{15} operaciones de punto flotante por segundo

PIB: Producto Interno Bruto

SIA: Semiconductor Industry Association (Asociación de la Industria de Semiconductores)

SMIC-PROB-EXPERT: Sistemas y Matrices de Impactos Cruzados – Probabilización por Expertos
STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)

TRCHA: Tasa de Retención y Atracción de Capital Humano Avanzado

TSMC: Taiwan Semiconductor Manufacturing Company

TWh: Teravatio-hora

UNCTAD: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo

USCIS: United States Citizenship and Immigration Services (Servicio de Ciudadanía e Inmigración de EE.UU.)

GLOSARIO

Arbitraje tecnopolítico: Estrategia mediante la cual un Estado negocia su alineación entre bloques geopolíticos rivales para obtener transferencia tecnológica, inversión y acceso preferencial a mercados.

Análisis morfológico: Método prospectivo que descompone un sistema en dimensiones constitutivas y sus estados posibles para explorar el espacio de configuraciones factibles de futuros escenarios.

Brecha computacional irreversible: Distancia creciente en capacidad de procesamiento entre países del núcleo tecnológico y la periferia, que se amplía exponencialmente con cada ciclo de innovación.

Ciber-dependencia estructural: Ciclo en el que las naciones sin capacidad computacional nativa exportan datos no procesados y se ven obligadas a adquirir los servicios derivados mediante licencias costosas.

Datos proxy: Datos aproximados obtenidos de fuentes públicas que se utilizan como estimaciones cuando no existen mediciones directas estandarizadas.

Diáspora crítica de capital humano: Emigración masiva y sostenida de profesionales altamente cualificados en áreas STEM que reduce drásticamente la capacidad de investigación y desarrollo de un país.

Extractivismo algorítmico: Dinámica mediante la cual los países periféricos exportan datos no procesados que alimentan los modelos de IA de las potencias tecnológicas, replicando en el plano digital el extractivismo tradicional de materias primas.

Fragmentación geoeconómica: Proceso de reorganización del comercio y las inversiones globales en función de criterios geopolíticos en lugar de criterios de eficiencia económica.

Friendshoring: Práctica de relocalizar cadenas de suministro exclusivamente hacia países aliados geopolíticamente confiables.

Modelo fundacional de IA: Modelo de inteligencia artificial de gran escala, entrenado con datos masivos, que sirve como base para múltiples aplicaciones posteriores.

Nanómetro (nm): Unidad de longitud equivalente a una milmillonésima de metro (10^{-9} m). En el contexto de semiconductores, indica el tamaño del nodo de fabricación de los transistores.

Nearshoring: Estrategia de relocalización de actividades productivas hacia países geográficamente cercanos al mercado de destino.

Periferia algorítmica: Posición de los países que participan en la economía digital exclusivamente como consumidores de servicios tecnológicos importados y proveedores involuntarios de datos.

Rendimientos crecientes: Propiedad económica donde cada unidad adicional de inversión en conocimiento o tecnología genera retornos proporcionalmente mayores.

Soberanía computacional: Capacidad de un Estado para procesar datos complejos y ejecutar modelos de inteligencia artificial de frontera sin depender de infraestructura extranjera.

Tecno-nacionalismo: Práctica sistemática de los Estados de restringir la exportación de tecnologías críticas invocando razones de seguridad nacional.

INTRODUCCIÓN

En la historia económica moderna existen puntos de inflexión que reconfiguran de manera irreversible las relaciones de poder entre las naciones. La máquina de vapor redefinió la hegemonía británica en el siglo XVIII, la electrificación industrial consolidó el ascenso norteamericano en el siglo XX, y la revolución digital de finales del mismo siglo trasladó el centro de gravedad económico hacia las corporaciones tecnológicas que hoy concentran más capitalización bursátil que el producto interno bruto de la mayoría de los Estados soberanos.

No obstante, ninguna de estas transformaciones presenta la velocidad, la profundidad y la asimetría de las que actualmente despliegan la Inteligencia Artificial (IA) generativa, la computación cuántica y la litografía avanzada de semiconductores, tecnologías que no solo alteran los medios de producción sino que redefinen la naturaleza misma del trabajo, del comercio y de la soberanía nacional.

La economía mundial se proyecta con tasas de crecimiento estabilizadas entre el 2,7% y el 3% anual según las estimaciones del Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024), pero esta aparente estabilidad agregada oculta una reconfiguración estructural de magnitudes históricas. Mientras un reducido grupo de naciones concentra la capacidad de diseñar, fabricar y desplegar los sistemas de IA más avanzados, la inmensa mayoría de los países participa en la economía digital exclusivamente como consumidora de servicios tecnológicos importados y como proveedora involuntaria de datos no procesados. Este patrón reproduce en el plano digital las relaciones asimétricas que Raúl Prebisch y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) describieron en el siglo XX para el comercio de materias primas y manufacturas.

Los marcos teóricos disponibles para explicar este fenómeno resultan insuficientes cuando se aplican de manera aislada. El Modelo de Crecimiento Exógeno de Solow (1956) asume la tecnología como variable exógena que eventualmente se difunde entre países, premisa que la realidad actual desmiente cuando las exportaciones de chips avanzados de litografía ultravioleta extrema están restringidas por decreto gubernamental a determinados bloques geopolíticos. El Modelo de Crecimiento Endógeno de Romer (1990) reconoce los rendimientos crecientes de la innovación, pero no incorpora la fragmentación geoeconómica como variable restrictiva. La Teoría de la Dependencia de Prebisch (1950) captura magistralmente la asimetría centro-periferia, pero fue concebida para un mundo donde las materias primas eran tangibles y las barreras comerciales eran arancelarias, no algorítmicas.

Es precisamente en la intersección de estas insuficiencias teóricas donde surge la necesidad de un marco integrador que sintetice la dimensión tecnológica, la dimensión económica y la dimensión geopolítica en un modelo capaz de explicar y proyectar el comportamiento de la economía mundial para los próximos cincuenta años. El presente trabajo propone la Teoría de la Ventaja Tecnológica Asimétrica y Geopolítica de Bloques como respuesta a esta necesidad, fundamentándola en la literatura económica clásica y contemporánea. El marco se formaliza mediante indicadores con ejemplos empíricos verificables, y se formulan hipótesis prospectivas que permitan orientar la Gestión de Investigación y Desarrollo como instrumento de política pública para la movilidad entre bloques tecnológicos.

La pertinencia de esta propuesta para la XIII Reunión Internacional de Gestión de Investigación y Desarrollo radica en que la gestión estratégica de la investigación ya no puede concebirse como un ejercicio administrativo neutral desconectado de las tensiones geopolíticas que determinan quién produce conocimiento, quién lo consume y quién queda excluido del circuito global de innovación. Gestionar investigación y desarrollo en el siglo XXI es, en esencia, gestionar soberanía.

Nota sobre el uso de Inteligencia Artificial: En la elaboración de este trabajo se empleó Inteligencia Artificial generativa como herramienta de apoyo para la organización de ideas, la revisión de literatura y la estructuración preliminar del marco teórico. El análisis crítico, la formulación teórica original, la interpretación de datos y la redacción final son responsabilidad exclusiva del autor.

OBJETIVO

2.1 Objetivo General

Proponer un marco teórico para explicar el comportamiento proyectado de la economía mundial en el periodo 2026-2076, fundamentado en la interrelación entre desarrollo tecnológico, soberanía computacional y reconfiguración geopolítica en bloques.

2.2 Objetivos Específicos

a) Fundamentar los pilares teóricos de la Ventaja Tecnológica Asimétrica y la Geopolítica de Bloques a partir de la síntesis crítica de la Teoría de la Dependencia, el Modelo de Crecimiento Endógeno y el concepto de Fragmentación Geoeconómica.
b) Formalizar variables macroeconómicas con sus respectivos indicadores, fórmulas de cálculo, escalas de interpretación y ejemplos empíricos con datos de países representativos que demuestren la factibilidad de su medición.
c) Formular hipótesis prospectivas sobre la dinámica económica global y analizar sus implicaciones para América Latina, con énfasis en el papel de la Gestión de Investigación y Desarrollo como instrumento de movilidad entre bloques tecnológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se enmarca en una investigación documental de carácter prospectivo y teórico propositivo. El método empleado es el análisis-síntesis de marcos teóricos existentes para la construcción de un modelo integrador original, procedimiento que Bunge (1999) describe como síntesis teórica cuando se combinan conceptos de disciplinas convergentes para producir un marco explicativo de mayor alcance que sus componentes individuales.

Las fuentes primarias consultadas comprenden reportes del Fondo Monetario Internacional, el Banco Mundial, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), la Agencia Internacional de Energía (AIE) y el Índice de Inteligencia Artificial de la Universidad de Stanford. Las fuentes secundarias incluyen literatura sobre economía de la innovación, geopolítica tecnológica y prospectiva económica publicada en revistas arbitradas y textos académicos de referencia.

El enfoque prospectivo se sustenta en la metodología de construcción de escenarios descrita por Godet (2000), donde las proyecciones no constituyen predicciones deterministas sino exploraciones sistemáticas de futuros posibles basadas en la identificación de variables clave y sus interacciones dinámicas. La caja de herramientas de la prospectiva estratégica (Godet y Durance, 2007) ofrece un conjunto modular de instrumentos metodológicos entre los que se cuentan el análisis estructural MICMAC, el juego de actores MACTOR, el análisis morfológico, el método Delphi, el sistema SMIC-PROB-EXPERT, el Ábaco de Regnier, el análisis MULTIPOL y el método IGO que el investigador selecciona en función de la naturaleza del estudio, sus fuentes de información y sus objetivos.

Del repertorio completo, el presente estudio selecciona tres herramientas cuya lógica analítica resulta pertinente para una investigación documental de carácter teórico propositivo: el análisis estructural MICMAC, el análisis de juego de actores MACTOR y el análisis morfológico.

El método MICMAC (Matrices de Impactos Cruzados – Multiplicación Aplicada a una Clasificación) fundamenta la identificación y formalización de las variables clave del modelo propuesto. Su lógica consiste en determinar, dentro de un sistema complejo, cuáles variables ejercen mayor influencia sobre las demás y cuáles presentan mayor dependencia, clasificándolas en un plano de influencia-dependencia que distingue variables motrices, variables de enlace, variables resultado y variables autónomas.

En el presente estudio, este procedimiento se aplica mediante análisis documental sistemático: la revisión de la literatura permitió identificar las dimensiones de soberanía computacional, propiedad intelectual digital, capital humano avanzado, interdependencia de bloque y resiliencia de infraestructura como las variables de mayor motricidad dentro del sistema geoeconómico global, formalizándolas en los indicadores ISC, BPPID, TRCHA, IIB y DICA respectivamente.

El método MACTOR (Método de Actores, Objetivos, Relaciones de Fuerza) sustenta el análisis de los actores estratégicos del sistema. Su lógica identifica los actores relevantes, sus objetivos, sus relaciones de influencia y dependencia, y las zonas de convergencia y divergencia entre ellos. En el presente estudio, los actores corresponden a los bloques geopolíticos identificados —el Núcleo Tecno-Nacionalista con sus dos ecosistemas rivales, los Estados Conectores y la Periferia Digital Dependiente—, cuyos objetivos, relaciones de poder y dinámicas de alianza y conflicto se documentan a partir de fuentes institucionales como el FMI, la CEPAL, la AIE y la UNCTAD.

El análisis morfológico, tercera herramienta seleccionada, fundamenta la construcción del espacio de configuraciones posibles del sistema. Su lógica consiste en descomponer el objeto de estudio en dimensiones constitutivas y asignar a cada dimensión los estados posibles que puede adoptar, generando un espacio morfológico que delimita los escenarios factibles. En el presente estudio, la descomposición

morfológica se expresa en la clasificación de los países en tres categorías de bloque (Núcleo, Conector, Periferia) según cinco dimensiones medibles (los cinco indicadores propuestos), cada una con su escala de interpretación cuantitativa.

Los cálculos demostrativos que acompañan a cada indicador se basan en datos proxy obtenidos de fuentes públicas verificables, dado que los indicadores propuestos constituyen una formulación original que aún no cuenta con instrumentos de medición estandarizados. Esta decisión metodológica es coherente con la naturaleza propositiva del estudio: los valores resultantes no pretenden ser mediciones definitivas, sino demostraciones de factibilidad operativa que evidencien la viabilidad de su aplicación futura mediante censos tecnológicos y auditorías especializadas.

El estudio presenta las siguientes limitaciones que deben considerarse al interpretar sus resultados. En primer lugar, los indicadores propuestos se ilustran con datos proxy de corte transversal, por lo que su capacidad predictiva requerirá validación mediante series temporales longitudinales. En segundo lugar, las ponderaciones asignadas a los componentes de los indicadores compuestos (como los coeficientes α y β del ISC) se fundamentan en criterio teórico y deberán someterse a calibración empírica en investigaciones futuras. En tercer lugar, las proyecciones a cincuenta años inherentes al enfoque prospectivo están sujetas a la incertidumbre propia de los sistemas complejos, donde eventos disruptivos imprevistos pueden alterar significativamente las trayectorias descritas.

RESULTADOS: MARCO TEÓRICO PROPUESTO

4.1 La tecnología como determinante del nuevo orden económico global

La comprensión del comportamiento futuro de la economía mundial exige abandonar la noción de que la tecnología es un factor complementario del crecimiento, para asumir que constituye el factor determinante que establece quién lidera, quién acompaña y quién queda relegado en la jerarquía económica global. Esta afirmación no es retórica sino que se sustenta en cuatro mecanismos estructurales que operan simultáneamente y se refuerzan mutuamente.

El primer mecanismo es el monopolio del conocimiento y la propiedad intelectual digital. Las naciones que dominan el desarrollo de modelos fundacionales de IA obtienen lo que en economía se denomina rentas monopólicas, es decir, ingresos extraordinarios derivados del control exclusivo de un recurso escaso. Según el Índice de Inteligencia Artificial de Stanford (Maslej et al., 2024), Estados Unidos concentra el 61% de los modelos de IA más relevantes del mundo, seguido por China con el 15% y la Unión Europea con apenas el 8%, lo que configura una distribución asimétrica donde la capacidad de producir inteligencia artificial avanzada se concentra en un puñado de actores que imponen estándares, protocolos y condiciones de uso al resto del mundo.

El segundo mecanismo es el aumento radical de la productividad. McKinsey Global Institute (2023) estima que la IA generativa podría añadir entre 2,6 y 4,4 billones de dólares anuales a la economía global, pero esta ganancia no se distribuye de manera uniforme, sino que se concentra en las industrias y los países con capacidad de integrar estas tecnologías en sus cadenas productivas. Las industrias impulsadas por la innovación digital experimentan incrementos de ingresos por empleado hasta tres veces superiores a los de sectores tradicionales, generando una brecha de productividad que se amplía exponencialmente con cada ciclo de innovación.

El tercer mecanismo es la independencia de la demografía. Ante el envejecimiento de la población documentado por las Naciones Unidas (2024), que proyecta que para 2050 una de cada seis personas tendrá más de 65 años, la automatización basada en IA permite a los países tecnológicamente avanzados mantener e incluso elevar sus niveles de producción sin depender del crecimiento de su fuerza laboral física, ventaja que resulta inalcanzable para las naciones que carecen de infraestructura computacional para desplegar estas soluciones.

El cuarto mecanismo es la sustitución de las materias primas críticas tradicionales. Así como el petróleo definió la geopolítica del siglo XX, los semiconductores avanzados, los datos masivos y la capacidad de procesamiento definen la geopolítica del siglo XXI. El silicio procesado en forma de chips de litografía inferior a siete nanómetros (un nanómetro equivale a una milmillonésima de metro, es decir, 10^{-9} m) se ha convertido en el recurso estratégico por excelencia, y su producción está concentrada en un grado que supera con creces la concentración que alguna vez tuvo la OPEP sobre el mercado petrolero: la empresa taiwanesa TSMC fabrica más del 90% de los semiconductores más avanzados del mundo (Varas et al., 2021), lo que convierte a una sola isla en el nodo crítico de la economía global contemporánea.

4.2 Los tres pilares fundamentales de la teoría

A partir de los mecanismos descritos, la Teoría de la Ventaja Tecnológica Asimétrica y Geopolítica de Bloques se estructura sobre tres pilares que operan como ejes explicativos interdependientes.

Pilar 1: El Núcleo de la Asimetría Tecnológica. A diferencia de la Revolución Industrial, donde los bienes de capital físico podían replicarse mediante la ingeniería inversa o la adquisición directa, la revolución de la IA y la computación avanzada genera lo que aquí se denomina brecha computacional irreversible. Esta irreversibilidad se origina en tres propiedades inherentes a las tecnologías de frontera. En primer lugar, los rendimientos crecientes de escala en datos y algoritmos: quien posee los mejores modelos y el mayor volumen de datos de entrenamiento mejora a un ritmo exponencial respecto de quien intenta alcanzarlo, generando un efecto acumulativo que la literatura económica describe como dinámica de retroalimentación positiva o, coloquialmente, como el fenómeno en el cual el ganador captura progresivamente la totalidad del mercado. En segundo lugar, la barrera de entrada en

infraestructura: el costo de construir una fábrica de chips avanzados supera los 20.000 millones de dólares (Miller, 2022) y el de un centro de datos de escala planetaria se mide en decenas de miles de millones adicionales, montos que exceden la capacidad financiera de la inmensa mayoría de los Estados soberanos.

En tercer lugar, el fenómeno que este trabajo denomina extractivismo algorítmico: los países que no producen tecnología exportan sus datos de manera gratuita o subvalorada, datos que alimentan los modelos de IA de las potencias tecnológicas, las cuales procesan, refinan y revenden como servicios digitales de alto valor. Se replica así, en el plano inmaterial, la dinámica extractivista que históricamente ha caracterizado la relación entre centros y periferias.

Pilar 2: La Geopolítica de Bloques o el fin de la globalización plana. La teoría postula que el comercio mundial ha dejado de regirse por las premisas del libre mercado global para organizarse en función de dos criterios que resultan inelásticos al precio: la soberanía tecnológica y la alineación geopolítica. Este proceso, documentado ampliamente por el FMI (Aiyar et al., 2023) bajo el concepto de fragmentación geoeconómica, se manifiesta a través de tres dinámicas convergentes. La primera es el tecno-nacionalismo, entendido como la práctica sistemática de los bloques económicos de restringir la exportación de tecnologías críticas invocando razones de seguridad nacional, como lo evidencian las restricciones impuestas por Estados Unidos a la exportación de chips avanzados y equipos de litografía hacia China desde 2022.

La segunda es la consolidación de cadenas de suministro cerradas dentro de lo que se ha denominado bloques de confianza o friendshoring, donde el comercio de tecnología de frontera ocurre exclusivamente entre aliados geopolíticos y la exclusión de un bloque implica el aislamiento tecnológico en áreas críticas. La tercera es la emergencia de estándares tecnológicos incompatibles: el ecosistema digital, los protocolos de comunicación, los sistemas operativos y las plataformas financieras de un bloque tienden a desarrollar especificaciones técnicas que no operan con eficiencia en los ecosistemas rivales, generando una fragmentación funcional del espacio digital global.

Pilar 3: La Dinámica de la Ventaja. Para que el marco teórico propuesto trascienda la descripción y adquiera capacidad explicativa y predictiva, resulta imprescindible definir los mecanismos mediante los cuales un país logra ventaja sobre otros bajo las reglas del nuevo orden tecnológico.

El primero es la ventaja por autonomía computacional: el éxito económico ya no se mide exclusivamente por el volumen del Producto Interno Bruto sino por el grado de dependencia externa en tecnologías críticas como la energía, los semiconductores y el software de infraestructura.

El segundo es la conversión de talento: en una economía donde el conocimiento especializado genera rendimientos crecientes, las naciones que logran retener y atraer capital humano altamente calificado en disciplinas STEM superan sistemáticamente a

las economías que disponen de recursos naturales abundantes pero padecen la emigración masiva de sus profesionales más capacitados.

El tercer mecanismo es la bifurcación entre productividad exponencial y productividad lineal: los países del bloque tecnológico experimentan crecimiento exponencial de su productividad gracias a la automatización progresiva de procesos industriales, logísticos y cognitivos. En contraste, los países periféricos crecen de manera lineal, basándose en la extracción de recursos naturales y la manufactura de bajo valor agregado, lo que ensancha la brecha de ingresos con cada ciclo de innovación.

4.3 Constitución y dinámica de bloques (2026-2076)

La economía mundial, bajo el modelo propuesto, se reorganiza progresivamente en tres categorías jerárquicas de bloques cuya posición relativa está determinada por la soberanía computacional, la capacidad energética y la alineación geopolítica de cada nación. La interacción entre estos bloques no es estática sino dinámica, pero la dirección del flujo de valor es consistente: asciende desde la periferia hacia el núcleo, replicando en el plano digital la estructura asimétrica que Prebisch (1950) identificó para el comercio de bienes físicos.

Bloque del Núcleo Tecno-Nacionalista (Líderes de Ecosistema). Integrado por las superpotencias que controlan la cadena completa de la IA, la computación cuántica y la litografía avanzada de semiconductores. Este bloque se fragmenta internamente en dos ecosistemas rivales: el Ecosistema Occidental, liderado por Estados Unidos con la participación de la Unión Europea, Japón, Corea del Sur, Taiwán, Reino Unido, Canadá y Australia; y el Ecosistema Asiático Continental, liderado por China con proyección sobre el sudeste asiático, Asia Central y aliados estratégicos en otras regiones. Las naciones del núcleo experimentan crecimiento de productividad de carácter exponencial al monopolizar la propiedad intelectual sobre los modelos fundacionales de IA y al imponer restricciones de exportación como instrumentos de política exterior. Su principal vulnerabilidad interna reside en la saturación energética: los centros de datos consumieron 460 TWh de electricidad en 2022 según la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2024), cifra que se proyecta duplicar o triplicar para 2030, ejerciendo una presión sin precedentes sobre las matrices eléctricas nacionales.

Bloque de Estados Conectores y Aliados (Estrategia de Arbitraje). Conformado por países con capacidades tecnológicas medias, manufactura avanzada en segmentos específicos o control sobre materias primas críticas como el litio, el cobalto, las tierras raras o el cobre, cuya relevancia estratégica los posiciona como nodos indispensables en las cadenas de suministro de ambos ecosistemas del núcleo. Ejemplos representativos incluyen a India, Vietnam, México, Indonesia, Brasil, Turquía, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos.

Estas naciones practican lo que aquí se denomina arbitraje tecnopolítico, es decir, la capacidad de negociar su alineación entre bloques para obtener transferencia tecnológica, inversión y acceso preferencial a mercados. Su vulnerabilidad radica en

que si un ecosistema del núcleo endurece unilateralmente sus regulaciones de propiedad intelectual o sus controles de exportación, los estados conectores pueden perder el acceso a actualizaciones de software, componentes o estándares de última generación de la noche a la mañana, como lo demostró el caso de Huawei cuando perdió acceso a los servicios de Google en 2019.

Bloque de la Periferia Digital Dependiente (Consumidores Estructurales). Naciones rezagadas en infraestructura de conectividad, con matrices energéticas obsoletas o inestables, mano de obra predominantemente física o de baja cualificación técnica y flujos negativos persistentes de capital humano avanzado. Gran parte del Sur Global, incluyendo la mayoría de los países de África Subsahariana, Centroamérica, el Caribe y varias naciones de América del Sur, se ubican en esta categoría.

Los países de la periferia digital quedan atrapados en un ciclo que este trabajo denomina ciber-dependencia estructural: al carecer de capacidad computacional nativa para procesar los datos generados por sus propios ciudadanos, empresas e instituciones, se ven obligados a exportar esos datos de manera gratuita o subvalorada hacia las plataformas del núcleo, datos que son utilizados para entrenar algoritmos que luego deben adquirir mediante costosas suscripciones y licencias. La ventaja clásica de disponer de mano de obra abundante y económica queda progresivamente anulada por la automatización robótica desplegada por las empresas del núcleo, que pueden producir bienes manufacturados con costos competitivos sin necesidad de recurrir a la tercerización en países periféricos.

4.4 Variables macroeconómicas, indicadores y escalas de interpretación

Para que la Teoría de la Ventaja Tecnológica Asimétrica y Geopolítica de Bloques trascienda el plano discursivo y adquiera viabilidad empírica, es necesario formalizar las variables que permitan evaluar la posición de cada país dentro del sistema de bloques propuesto. Se proponen cinco indicadores estructurales con sus respectivas fórmulas, escalas de interpretación y cálculos demostrativos con datos de fuentes públicas verificables. Los valores resultantes son estimaciones basadas en datos proxy, ya que estos indicadores constituyen una propuesta original cuya medición exacta requerirá la instrumentación de censos y auditorías específicas.

A. Índice de Soberanía Computacional (ISC)

Cuantifica la autonomía de un Estado para procesar datos complejos y ejecutar modelos de IA de frontera sin depender de infraestructura extranjera.

$$\mathrm{ISC} = \alpha \times \frac{\mathrm{C\ nat}}{\mathrm{C\ tot}} + \beta \times \frac{\mathrm{S\ nat}}{\mathrm{S\ cons}}$$

Donde Cnat es la capacidad de cómputo nacional en PetaFLOPS, Ctot la demanda computacional agregada, Snat la producción nacional de semiconductores avanzados (nodos ≤ 7 nm) y Scons su consumo total. α = 0,7; β = 0,3 (α + β = 1).

Escala: 0,00-0,20 = Periferia Digital; 0,21-0,50 = Transición; 0,51-0,75 = Estado Conector; 0,76-1,00 = Núcleo.

Cálculo demostrativo para Estados Unidos: Según TOP500.org (noviembre 2024, acceso libre), Estados Unidos alberga sistemas que suman aproximadamente 6.102 PetaFLOPS de los 13.548 PetaFLOPS globales registrados. La demanda computacional interna se estima como proporcional al consumo energético de centros de datos reportado por la AIE (2024, acceso libre): 176 TWh en EE.UU. de los 460 TWh globales. Aplicando esta proporción a la capacidad instalada global: Ctot estimado ≈ 5.183 PetaFLOPS. Así, Cnat/Ctot ≈ 6.102/5.183 ≈ 1,00 (se acota a 1,00 por diseño del índice). Para semiconductores, según la Semiconductor Industry Association (SIA, 2024, informes públicos en semiconductors.org), EE.UU. fabrica internamente aproximadamente el 12% de los semiconductores globales pero menos del 10% de los nodos avanzados sub-7nm, ya que depende de TSMC en Taiwán para la litografía EUV. Se estima Snat/Scons ≈ 0,10.

$$\text{ISC} = 0{,}7 \times \frac{6.102}{5.183} + 0{,}3 \times \frac{\approx 0}{100\%} = 0{,}70 + 0{,}03 = 0{,}73$$

. Posición: Estado Conector alto, tendiente a Núcleo con las inversiones del CHIPS Act.

Cálculo demostrativo para Venezuela: Según el registro de TOP500.org, Venezuela no posee sistemas listados entre los 500 supercomputadores más potentes del mundo. No se reportan centros de datos Tier III o IV certificados por Uptime Institute en territorio venezolano. No existe producción de semiconductores. Se estima Cnat/Ctot ≈ 0,05 (capacidad mínima de servidores locales respecto a la demanda de procesamiento del país) y Snat/Scons = 0,00.

$$\text{ISC} = 0{,}7 \times 0{,}05 + 0{,}3 \times 0{,}00 = 0{,}035$$

. Posición: Periferia Digital.

B. Balanza de Pagos de Propiedad Intelectual Digital (BPPID)

Registra el flujo neto de capitales derivado del licenciamiento y explotación comercial de tecnologías intangibles.

$$\text{BPPID} = \text{X tech} - \text{M tech}$$

Donde Xtech son exportaciones de servicios tecnológicos y Mtech las importaciones correspondientes.

Escala: >+10.000 M USD = Exportador dominante; 0 a +10.000 M USD = Equilibrio exportador; 0 a −5.000 M USD = Dependencia moderada; <−5.000 M USD = Dependencia estructural.

Cálculo demostrativo para Estados Unidos: Según la Oficina de Análisis Económico del Departamento de Comercio de EE.UU. (BEA, 2024, datos públicos en bea.gov), en 2023 las exportaciones de servicios de telecomunicaciones, informática e información (Xtech) fueron de 63.200 millones USD, y los cargos por uso de propiedad intelectual exportados fueron de 124.700 millones USD, para un total estimado de Xtech ≈ 187.900 millones USD. Las importaciones equivalentes (Mtech) fueron de 57.400 millones USD.

$$\text{BPPID} = 187.900 - 57.400 = +130.500 \text{ M USD}$$

. Posición: Exportador neto dominante, confirmando su lugar en el Núcleo Tecno-Nacionalista.

Cálculo demostrativo para Brasil: Según el Banco Central do Brasil (bcb.gov.br, datos públicos de la Balanza de Pagos, 2023), las importaciones de servicios de telecomunicaciones e informática y los cargos por propiedad intelectual sumaron aproximadamente 11.200 millones USD, mientras las exportaciones correspondientes fueron de 6.800 millones USD.

$$\text{BPPID} = 6.800 - 11.200 = -4.400 \text{ M USD}$$

. Posición: Dependencia moderada, con transferencia neta de capital hacia las potencias digitales.

C. Tasa de Retención y Atracción de Capital Humano Avanzado (TRCHA)

Mide la dinámica migratoria neta del talento científico y técnico especializado.

$$\text{TRCHA} = \frac{\text{T permanecen} + \text{T inmigrantes}}{\text{T graduados} + \text{T emigrantes}} \times 100$$

Donde Tgraduados son los nuevos títulos de Maestría o Doctorado STEM, Tpermanecen los graduados incorporados al mercado laboral local, Tinmigrantes los profesionales STEM extranjeros que ingresan, y Temigrantes los que emigran.

Escala: >100% = Nación atractora; 70-100% = Equilibrio frágil; 40-70% = Fuga moderada; <40% = Diáspora crítica de capital humano.

Cálculo demostrativo para Estados Unidos: Según la National Science Foundation (NSF, 2024, datos públicos en ncses.nsf.gov), EE.UU. otorgó aproximadamente 46.000 doctorados STEM en 2023 (Tgraduados). Según el mismo informe, la tasa de permanencia de doctores extranjeros a 5 años es del 72% y la de nacionales del 95%. Se estima Tpermanecen ≈ 41.000. El Servicio de Ciudadanía e Inmigración (USCIS, datos públicos) reportó aproximadamente 120.000 visas H-1B aprobadas en categorías STEM en 2023 (Tinmigrantes). Se estima Temigrantes ≈ 3.500 (doctores que emigran de EE.UU.).

$$\text{TRCHA} = \frac{41.000 + 120.000}{46.000 + 3.500} \times 100 = \frac{161.000}{49.500} \times 100 = 325\%$$

Esta cifra refleja que EE.UU. atrae masivamente talento global más allá de su propia producción doctoral.

Cálculo demostrativo para Venezuela: Según la Encuesta de Condiciones de Vida (ENCOVI, 2023, datos públicos en proyectoencovi.com), la emigración de profesionales universitarios ha sido masiva, con más de 2,4 millones de venezolanos con educación universitaria residiendo en el exterior según el ACNUR (2024). Las universidades venezolanas gradúan aproximadamente 1.200 posgraduados STEM al año (Tgraduados estimado), de los cuales se estima que menos de 300 permanecen

en el sistema de investigación nacional (Tpermanecen). La inmigración de talento STEM es insignificante (Tinmigrantes ≈ 50). Temigrantes se estima en 800 anuales.

$$\text{TRCHA} = \frac{300 + 50}{1.200 + 800} \times 100 = \frac{350}{2.000} \times 100 = 17{,}5\%$$

. Posición: Diáspora crítica de capital humano.

D. Índice de Interdependencia de Bloque (IIB)

Evalúa la concentración de las cadenas de suministro de tecnología crítica dentro de un único bloque geopolítico, utilizando el Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI).

$$\text{IIB} = \Sigma \frac{\text{V i}}{\text{V total}}^{2}$$

Donde Vi es el valor de las importaciones tecnológicas provenientes del bloque i y Vtotal el total importado.

Escala: 0,00-0,25 = Diversificado; 0,26-0,50 = Concentración moderada; 0,51-0,75 = Concentración alta; 0,76-1,00 = Dependencia absoluta.

Cálculo demostrativo para India: Según UN Comtrade (comtrade.un.org, acceso libre, datos 2023), las importaciones indias de bienes clasificados en los capítulos 84 y 85 del Sistema Armonizado (maquinaria, equipos eléctricos y electrónicos) provinieron de: China 36% (V1/Vtotal = 0,36), Ecosistema occidental (EE.UU., UE, Japón, Corea del Sur, Taiwán) 42% (V2/Vtotal = 0,42), y otros orígenes 22% (V3/Vtotal = 0,22).

$$\text{IIB} = (0{,}36)^2 + (0{,}42)^2 + (0{,}22)^2 = 0{,}354$$

. Posición: Concentración moderada con fuentes diversificadas entre bloques rivales, lo que le otorga capacidad de arbitraje tecnopolítico.

Cálculo demostrativo para Cuba: Según estimaciones basadas en UN Comtrade y reportes de la CEPAL (2023), las importaciones tecnológicas cubanas provienen en aproximadamente un 70% de China y Rusia (V1/Vtotal = 0,70), 20% de la Unión Europea y socios no alineados (V2/Vtotal = 0,20), y 10% de otros (V3/Vtotal = 0,10).

$$\text{IIB} = (0{,}70)^2 + (0{,}20)^2 + (0{,}10)^2 = 0{,}540$$

. Posición: Concentración alta en un solo bloque, con vulnerabilidad significativa.

E. Densidad de Infraestructura Crítica Autónoma (DICA)

Establece la resiliencia operativa del tejido económico nacional ante bloqueos digitales o apagones tecnológicos externos. Integra tres dimensiones: energía autónoma, telecomunicaciones soberanas y software de código abierto.

$$\text{DICA} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{\text{E autónoma}}{\text{E total}} + \frac{\text{R soberana}}{\text{R total}} + \frac{\text{P abierto}}{\text{P total}}\right) \times 100$$

Escala: >60% = Resiliencia alta; 35-60% = Moderada; 15-35% = Vulnerabilidad alta; <15% = Vulnerabilidad extrema.

Cálculo demostrativo para China: Según la AIE (2024, iea.org, acceso libre), el 33% de la electricidad china proviene de fuentes renovables y nucleares inmunes a bloqueos de combustibles fósiles (Eaut/Etot = 0,33). Según Freedom House (freedomonthenet.org, acceso libre) y reportes de la ICANN, China procesa más del 95% de su tráfico doméstico de internet a través de puntos de intercambio nacionales con control soberano (Rsob/Rtot = 0,95). Según reportes del Ministerio de Industria y Tecnología de la Información de China, la administración pública ha migrado aproximadamente el 60% de sus sistemas a software de desarrollo nacional o código abierto (Pab/Ptot = 0,60).

$$\text{DICA} = \frac{1}{3} \times (0{,}33 + 0{,}95 + 0{,}60) \times 100 = 62{,}7\%$$

Posición: Resiliencia alta.

Cálculo demostrativo para Venezuela: Según la Corporación Eléctrica Nacional de Venezuela (CORPOELEC) y la AIE, la electricidad venezolana proviene en un 68% de la hidroeléctrica del Guri y fuentes renovables (Eaut/Etot = 0,68), pero esta cifra es engañosa ya que la infraestructura padece mantenimiento deficiente. La proporción de tráfico de internet procesado en IXP nacionales es baja, con dependencia de cables submarinos y enrutamiento a través de servidores en Miami (Rsob/Rtot ≈ 0,15). La totalidad de los sistemas gubernamentales críticos opera sobre software propietario extranjero (Pab/Ptot ≈ 0,05).

$$\text{DICA} = \frac{1}{3} \times (0{,}68 + 0{,}15 + 0{,}05) \times 100 = 29{,}3\%$$

. Posición: Vulnerabilidad alta. La aparente autonomía energética se diluye cuando se agregan las otras dos dimensiones de soberanía digital.

4.5 Hipótesis de investigación

Las hipótesis que se formulan a continuación constituyen las afirmaciones prospectivas centrales de la Teoría de la Ventaja Tecnológica Asimétrica y Geopolítica de Bloques, y representan proposiciones verificables que podrán ser contrastadas empíricamente a medida que se disponga de series temporales de los indicadores propuestos.

Hipótesis 1: El Desacoplamiento de la Productividad y el Trabajo. En los próximos cincuenta años, el crecimiento del PIB real de un país estará determinado de forma predominante por su tasa de automatización e integración de inteligencia artificial en sus procesos productivos, anulando progresivamente la ventaja comparativa tradicional de los países con mano de obra barata o abundante.

Esta hipótesis se sustenta en el Modelo de Crecimiento Endógeno de Romer (1990) que establece que la inversión en conocimiento e innovación genera rendimientos crecientes, y se complementa con las proyecciones del informe conjunto del Banco Mundial y la OIT (2024) que advierte sobre una brecha de resiliencia donde la disrupción laboral provocada por la IA generativa ocurre a mayor velocidad que las ganancias de productividad en los países en desarrollo, precisamente porque estos carecen de la infraestructura digital para absorber y desplegar la automatización. Si esta hipótesis se verifica, los países con TRCHA inferior al 40% e ISC inferior a 0,20, experimentarán un estancamiento estructural de sus ingresos per cápita independientemente del volumen de su fuerza laboral.

Hipótesis 2: La Trampa de la Periferia Algorítmica. Aquellas naciones que participen en la economía global únicamente como proveedoras de datos brutos y consumidoras de servicios tecnológicos importados experimentarán un deterioro acumulativo de sus términos de intercambio digitales, ensanchando la brecha de desigualdad con los países del núcleo tecnológico en una dinámica que se autorrefuerza.

Este fenómeno constituye la actualización al siglo XXI de la tesis de Prebisch (1950) sobre el deterioro de los términos de intercambio entre centros y periferias, donde la materia prima ya no es el cobre o el azúcar sino los datos masivos no procesados generados por los ciudadanos de la periferia, datos que enriquecen los modelos fundacionales de IA de las potencias del núcleo. El indicador clave para medir esta trampa es la BPPID: una nación con BPPID crónicamente negativa y sin tendencia a la reversión se encuentra atrapada en el extractivismo algorítmico.

Hipótesis 3: La Inelasticidad del Comercio Inter-Bloques. A medida que avance la fragmentación geoeconómica documentada por el FMI (Aiyar et al., 2023), las barreras tecnológicas y regulatorias entre bloques económicos rivales se volverán inelásticas al precio, es decir, los países no comprarán insumos tecnológicos más baratos de un bloque rival si existe el riesgo de un veto, una sanción o una filtración de información estratégica.

La seguridad nacional y la soberanía tecnológica prevalecerán sobre la eficiencia de costos del libre mercado, lo que sepulta definitivamente el modelo de globalización lineal que predominó durante las últimas tres décadas del siglo XX. Las investigaciones del FMI estiman que únicamente la fragmentación tecnológica puede reducir hasta un 5% el PIB de la mayoría de las economías debido a la pérdida de economías de escala y la duplicación de esfuerzos de estandarización. El IIB es el indicador que permite monitorear esta dinámica: un aumento sostenido del IIB promedio global confirmará la tendencia hacia bloques comerciales cerrados e inelásticos.

Hipótesis 4: La Vulnerabilidad Energética del Crecimiento Exponencial. La ventaja económica de las potencias tecnológicas estará condicionada a su capacidad para asegurar fuentes de energía limpia, barata y masiva. La economía del futuro

consume datos, pero los datos consumen teravatios. Según la AIE (2024), los centros de datos y la minería de criptomonedas consumieron en 2022 una cantidad de electricidad comparable al consumo total de países como Francia. Aquellos países que dominen la fusión nuclear, la energía solar de nueva generación o la geotermia avanzada sostendrán su liderazgo computacional, mientras que los bloques con redes eléctricas obsoletas o inestables colapsarán bajo el peso energético de sus propios centros de procesamiento. El DICA es el indicador central para evaluar esta hipótesis: las naciones con DICA inferior al 35% carecerán de la base energética para sostener el crecimiento exponencial de su demanda computacional.

DISCUSIÓN: IMPLICACIONES PARA AMÉRICA LATINA Y VENEZUELA

El marco teórico propuesto no es un ejercicio abstracto desconectado de la realidad inmediata, sino que adquiere urgencia cuando se aplica al contexto de América Latina, región que enfrenta el riesgo concreto de consolidar su posición como periferia algorítmica si no reorienta con decisión sus políticas de Gestión de Investigación y Desarrollo hacia la construcción de capacidades tecnológicas endógenas.

La posición actual de América Latina en el mapa de bloques tecnológicos es ambigua y, por tanto, todavía modificable. Según el informe de la CEPAL sobre la economía digital en América Latina y el Caribe (CEPAL, 2024), la región invierte apenas el 0,7% de su PIB en investigación y desarrollo, cifra que contrasta drásticamente con el 3,5% de Corea del Sur, el 3,4% de Israel o el 2,8% promedio de los países de la OCDE. Esta brecha de inversión no se traduce únicamente en menos patentes o publicaciones científicas, sino que determina la posición estructural de la región dentro de la jerarquía de bloques: con un ISC promedio estimado inferior a 0,15 para la mayoría de los países latinoamericanos, la región se ubica en la frontera entre la periferia digital y los estados conectores incipientes.

No obstante, América Latina dispone de activos estratégicos que podrían facilitar su transición hacia la categoría de estados conectores si se despliegan con visión estratégica. El denominado Triángulo del Litio conformado por Argentina, Bolivia y Chile concentra más del 50% de las reservas mundiales de litio, mineral indispensable para las baterías que alimentan la revolución eléctrica y computacional. Brasil posee la mayor reserva de tierras raras del continente y una base industrial que incluye capacidades aeronáuticas y agroindustriales de sofisticación intermedia.

México se beneficia del nearshoring y de la relocalización de cadenas de suministro que buscan alternativas a la dependencia asiática. Colombia, Perú y Chile mantienen acuerdos comerciales con ambos ecosistemas del núcleo, lo que les otorga un margen de maniobra geopolítico todavía significativo.

El caso venezolano merece una reflexión particular dentro de este análisis por la magnitud de la contradicción entre su potencial estratégico y su posición actual. Venezuela posee las mayores reservas probadas de petróleo del mundo, reservas significativas de gas natural, minerales estratégicos como el coltán, el oro y el hierro,

y una posición geográfica que la ubica como puente natural entre el Caribe, Centroamérica y Sudamérica. Estos activos, bajo el marco de la teoría propuesta, le confieren el potencial teórico para posicionarse como Estado Conector mediante una estrategia de arbitraje tecnopolítico que aproveche su relevancia energética y mineral para negociar transferencia tecnológica con ambos ecosistemas del núcleo.

Empero, la realidad actual dista radicalmente de este potencial. Los indicadores propuestos sitúan a Venezuela en los rangos más bajos de todas las escalas: un ISC cercano a 0,03, una BPPID profundamente negativa, una TRCHA inferior al 20% que refleja la diáspora de más de siete millones de ciudadanos según el ACNUR (2024), y un DICA inferior al 12%.

La distancia entre el potencial estratégico y la realidad operativa no es un dato anecdótico, sino la manifestación empírica de la hipótesis central de este trabajo: sin soberanía computacional, los recursos naturales abundantes resultan insuficientes para escapar de la periferia digital, porque el valor ya no reside en la extracción de materias primas sino en la capacidad de procesarlas, transformarlas y monetizarlas mediante tecnología avanzada.

Es precisamente en este punto donde la Gestión de Investigación y Desarrollo adquiere su relevancia estratégica máxima. Gestionar la investigación en el contexto descrito por esta teoría no es simplemente administrar presupuestos y publicaciones académicas, es construir las condiciones mínimas de soberanía que permitan a una nación participar en la economía del conocimiento como productora y no únicamente como consumidora. Esto implica, en términos prácticos, priorizar la formación masiva de talento en áreas STEM para revertir la caída de la TRCHA, establecer centros de datos soberanos que incrementen el ISC aunque sea en los segmentos de computación de propósito general, desarrollar marcos jurídicos que protejan los datos generados en territorio nacional del extractivismo algorítmico de las plataformas del núcleo, y negociar acuerdos de transferencia tecnológica condicionados que incrementen el DICA de manera gradual y verificable.

La ventana de oportunidad para estas acciones no es indefinida. La dinámica de rendimientos crecientes que caracteriza al bloque del núcleo implica que la brecha computacional se amplía con cada ciclo de innovación, y que el costo de cerrar esa brecha aumenta exponencialmente con el tiempo. Los próximos diez a quince años serán determinantes para definir si América Latina en general y Venezuela en particular se consolidan como periferia algorítmica permanente o logran transitar hacia una posición de Estado Conector que les permita capturar una proporción menos asimétrica del valor generado por la revolución de la inteligencia artificial.

CONCLUSIONES

La Teoría de la Ventaja Tecnológica Asimétrica y Geopolítica de Bloques propuesta en este trabajo constituye un marco teórico integrador que sintetiza aportes de la Teoría de la Dependencia, el Modelo de Crecimiento Endógeno y el concepto de Fragmentación Geoeconómica para explicar la dinámica económica global en el

periodo 2026-2076. Su originalidad radica no en la invención de conceptos enteramente nuevos, sino en la articulación sistemática de desarrollos teóricos que la literatura ha mantenido fragmentados, integrándolos en un modelo unificado que incorpora la dimensión computacional como variable central y la geopolítica de bloques como variable restrictiva del crecimiento económico.

Los cinco indicadores macroeconómicos formalizados, el Índice de Soberanía Computacional (ISC), la Balanza de Pagos de Propiedad Intelectual Digital (BPPID), la Tasa de Retención y Atracción de Capital Humano Avanzado (TRCHA), el Índice de Interdependencia de Bloque (IIB) y la Densidad de Infraestructura Crítica Autónoma (DICA), demuestran factibilidad operativa a través de los ejemplos empíricos presentados con datos de países representativos de cada bloque. Estos indicadores proveen un instrumental de medición que trasciende las métricas macroeconómicas tradicionales para capturar las dimensiones tecnológica, geopolítica y de resiliencia digital que definen el nuevo orden económico.

Las cuatro hipótesis formuladas, desde el Desacoplamiento de la Productividad y el Trabajo hasta la Vulnerabilidad Energética del Crecimiento Exponencial, constituyen proposiciones verificables que podrán ser contrastadas empíricamente a medida que avance la configuración del sistema de bloques descrito, y que representan alertas prospectivas de primer orden para los formuladores de políticas públicas en materia de ciencia, tecnología y gestión de la investigación.

La aplicación del modelo al contexto de América Latina y Venezuela revela con particular crudeza la tensión entre el potencial estratégico derivado de los recursos naturales y la posición real determinada por la ausencia de soberanía computacional, confirmando que en el orden económico emergente la posesión de materias primas, incluso las más estratégicas, resulta condición necesaria, pero radicalmente insuficiente para escapar de la periferia digital.

Se proponen como líneas de investigación futura el desarrollo de modelos de simulación que permitan proyectar el PIB de países específicos bajo distintos escenarios de variación de los indicadores propuestos, Asimismo, se propone la construcción de series temporales retrospectivas para validar la capacidad predictiva del modelo con datos históricos del periodo 2015-2025, De igual forma, se propone la aplicación del método SMIC-PROB-EXPERT con paneles de expertos internacionales para estimar las probabilidades condicionales de las hipótesis formuladas, así como la instrumentación del método Delphi para validar mediante consenso experto las ponderaciones asignadas a los componentes de los indicadores propuestos.

Finalmente, se sugiere el análisis comparativo de las estrategias de movilidad entre bloques implementadas por países como Vietnam, India y los Emiratos Árabes Unidos, con el fin de identificar políticas replicables en el contexto latinoamericano.

En última instancia, la Gestión de Investigación y Desarrollo en el siglo XXI no puede seguir concibiéndose como un ejercicio administrativo de asignación de presupuestos y conteo de publicaciones. Gestionar investigación es, en esencia,

gestionar la posición de una nación en la jerarquía de bloques tecnológicos que determinará la distribución de la riqueza global durante las próximas cinco décadas. La pregunta que cada país debe responder con urgencia no es si puede permitirse invertir masivamente en capacidades computacionales, formación de talento STEM e infraestructura digital soberana, sino si puede asumir el costo de no hacerlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acemoglu, D. y Johnson, S. (2023). Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity. Nueva York: PublicAffairs. Disponible en: https://economics.mit.edu/people/faculty/daron-acemoglu/power-and-progress [Consultado: 2 de marzo de 2025].

Agencia Internacional de Energía - AIE (2024). Electricity 2024: Analysis and Forecast to 2026. París: IEA Publications. Disponible en: https://www.iea.org/reports/electricity-2024 [Consultado: 8 de marzo de 2025].

Aiyar, S., Ilyina, A., et al. (2023). Geoeconomic Fragmentation and the Future of Multilateralism. Washington D.C.: Fondo Monetario Internacional, Staff Discussion Note SDN/2023/001. Disponible en: https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2023/01/11/Geo-Economic-Fragmentation-and-the-Future-of-Multilateralism-527266 [Consultado: 3 de marzo de 2025].

Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados - ACNUR (2024). Situación de Venezuela. Ginebra: ACNUR. Disponible en: https://www.acnur.org/situacion-en-venezuela [Consultado: 7 de marzo de 2025].

Banco Central do Brasil (2024). Balança de pagamentos e posição de investimento internacional. Brasilia: BCB. Disponible en: https://www.bcb.gov.br/estatisticas/balancapagamentos [Consultado: 11 de marzo de 2025].

Banco Mundial y Organización Internacional del Trabajo - OIT (2024). World Employment and Social Outlook 2024. Washington D.C./Ginebra. Disponible en: https://www.ilo.org/publications/flagship-reports/world-employment-and-social-outlook-trends-2024 [Consultado: 6 de marzo de 2025].

Bureau of Economic Analysis - BEA (2024). U.S. International Trade in Goods and Services. Washington D.C.: Departamento de Comercio de EE.UU. Disponible en: https://www.bea.gov/data/intl-trade-investment/international-trade-goods-and-services [Consultado: 10 de marzo de 2025].

Bunge, M. (1999). Las ciencias sociales en discusión: una perspectiva filosófica. Buenos Aires: Editorial Sudamericana. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11820758012 [Consultado: 1 de marzo de 2025].

Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL (2024). Panorama Digital de América Latina y el Caribe 2024. Santiago de Chile: Naciones Unidas. Disponible en: https://www.cepal.org/es/publicaciones [Consultado: 7 de marzo de 2025].

Fondo Monetario Internacional - FMI (2024). World Economic Outlook: Steady but Slow: Resilience amid Divergence. Washington D.C.: FMI. Disponible en: https://www.imf.org/en/Publications/WEO [Consultado: 4 de marzo de 2025].

Freedom House (2024). Freedom on the Net 2024. Washington D.C. Disponible en: https://freedomhouse.org/report/freedom-net [Consultado: 8 de marzo de 2025].

Godet, M. (2000). The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls. Technological Forecasting and Social Change, Vol. 65, Núm. 1, pp. 3-22. Disponible en: https://www.laprospective.fr/methodes-de-prospective.html [Consultado: 2 de marzo de 2025].

Godet, M. y Durance, P. (2007). Prospectiva Estratégica: Problemas y Métodos. Cuadernos de LIPSOR, Nº 20. París: Conservatoire National des Arts et Métiers. Disponible en: https://www.laprospective.fr/methodes-de-prospective.html [Consultado: 15 de marzo de 2025].

Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., et al. (2024). The AI Index 2024 Annual Report. Stanford: Stanford University, Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. Disponible en: https://aiindex.stanford.edu/report/ [Consultado: 6 de marzo de 2025].

McKinsey Global Institute (2023). The Economic Potential of Generative AI: The Next Productivity Frontier. Nueva York: McKinsey & Company. Disponible en: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier [Consultado: 5 de marzo de 2025].

Miller, C. (2022). Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology. Nueva York: Scribner. Disponible en: https://www.cfr.org/blog/chip-war-chris-miller [Consultado: 3 de marzo de 2025].

Naciones Unidas (2024). World Population Prospects 2024. Nueva York: División de Población. Disponible en: https://population.un.org/wpp/ [Consultado: 7 de marzo de 2025].

National Science Foundation - NSF (2024). Science and Engineering Indicators 2024. Alexandria: NCSES. Disponible en: https://ncses.nsf.gov/indicators [Consultado: 11 de marzo de 2025].

Prebisch, R. (1950). El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas. Santiago de Chile: CEPAL, Naciones Unidas. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40010 [Consultado: 28 de febrero de 2025].

Proyecto ENCOVI (2023). Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2023. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello. Disponible en: https://www.proyectoencovi.com [Consultado: 12 de marzo de 2025].

Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. Journal of Political Economy, Vol. 98, Núm. 5, pp. 71-102. Chicago: University of Chicago Press. Disponible en: https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/romer/facts/ [Consultado: 1 de marzo de 2025].

Semiconductor Industry Association - SIA (2024). State of the U.S. Semiconductor Industry 2024. Washington D.C. Disponible en: https://www.semiconductors.org/the-state-of-the-u-s-semiconductor-industry/ [Consultado: 10 de marzo de 2025].

Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, Núm. 1, pp. 65-94. Disponible en: https://www.jstor.org/stable/1884513 [Consultado: 28 de febrero de 2025].

TOP500 Project (2024). TOP500 Supercomputer Sites, November 2024. Disponible en: https://www.top500.org/lists/top500/2024/11/ [Consultado: 9 de marzo de 2025].

UNCTAD (2023). Technology and Innovation Report 2023: Opening Green Windows. Ginebra: Naciones Unidas. Disponible en: https://unctad.org/tir2023 [Consultado: 5 de marzo de 2025].

United Nations Comtrade (2024). International Trade Statistics Database. Disponible en: https://comtrade.un.org [Consultado: 13 de marzo de 2025].

Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J. y Yinug, F. (2021). Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era. Boston: Boston Consulting Group y SIA. Disponible en: https://www.semiconductors.org/strengthening-the-global-semiconductor-supply-chain-in-an-uncertain-era/ [Consultado: 9 de marzo de 2025].