

Mujeres como Agentes de Innovación en Quantum-ELSPI: Un Framework de Participación Deliberativa en Políticas de Tecnología Cuántica

Elena Patricia Rodríguez*

Beatriz Soledad Martínez**

Resumen

Las tecnologías cuánticas representan una revolución científica y tecnológica con profundas implicaciones sociales, económicas y éticas. Sin embargo, la participación femenina en el desarrollo de políticas públicas para estas tecnologías emergentes permanece significativamente limitada, reproduciendo patrones históricos de exclusión que caracterizan los campos tecnológicos. Este artículo desarrolla un marco conceptual de participación deliberativa con perspectiva de género para el campo Quantum-ELSPI (Ethical, Legal, Social and Policy Implications), argumentando que la inclusión efectiva de mujeres como agentes de innovación en políticas cuánticas no solo es una cuestión de equidad, sino un imperativo para el desarrollo sostenible y socialmente responsable de estas tecnologías. Mediante una revisión exhaustiva de la literatura sobre democratización tecnológica, ética cuántica y teorías de democracia participativa, proponemos un framework multidimensional que integra mecanismos institucionales, procesos deliberativos y estrategias de capacitación para facilitar la participación femenina significativa en la gobernanza de tecnologías cuánticas. El análisis revela que las brechas de género en el ecosistema cuántico se manifiestan en múltiples niveles: desde el acceso a educación especializada hasta la representación en espacios de toma de decisiones políticas. Nuestro marco propone estrategias específicas para transformar estas asimetrías estructurales, considerando las interseccionalidades entre género, contextos geográficos y niveles de desarrollo económico. Los hallazgos sugieren que políticas cuánticas diseñadas con participación deliberativa femenina tienen mayor probabilidad de abordar preocupaciones de equidad digital, justicia social y desarrollo inclusivo, aspectos frecuentemente marginalizados en discusiones tecnocéntricas.

Palabras clave: Quantum-ELSPI, perspectiva de género, participación deliberativa, políticas de tecnología, democratización cuántica

* elena.rodriguez@amlentia.org

** beatriz.martinez@amlentia.org

Códigos JEL: O33 (Cambio Tecnológico: Elecciones y Consecuencias), J16 (Economía del Género), O38 (Política Tecnológica)

1. Introducción

La segunda revolución cuántica está transformando fundamentalmente la manera en que procesamos información, aseguramos comunicaciones y detectamos fenómenos físicos (Wang and Song, 2020). A diferencia de la primera revolución cuántica del siglo XX, que produjo tecnologías como transistores y láseres sin manipulación directa de estados cuánticos individuales, las tecnologías cuánticas emergentes explotan activamente propiedades como superposición y entrelazamiento para crear capacidades radicalmente nuevas (Gilaberte Basset et al., 2019). Esta transformación tecnológica trae consigo no solo oportunidades sin precedentes sino también desafíos complejos relacionados con equidad, acceso, seguridad y gobernanza (Wheatley Research Consultancy, 2024).

El campo emergente de Quantum-ELSPI ha surgido como respuesta a la necesidad urgente de abordar las implicaciones éticas, legales, sociales y políticas de las tecnologías cuánticas antes de que estas alcancen madurez comercial (Kop, 2023). Este paradigma interdisciplinario reconoce que las decisiones tomadas durante las etapas tempranas de desarrollo tecnológico tienen consecuencias duraderas para la estructura social y económica (de Jong, 2022). Sin embargo, análisis recientes revelan una ausencia preocupante de consideraciones de género en la literatura y práctica de Quantum-ELSPI (Wolbring, 2022).

La participación femenina en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas continúa siendo desproporcionadamente baja, con brechas particularmente pronunciadas en campos emergentes como computación cuántica (Peterssen, 2020). Esta subrepresentación no es simplemente una cuestión de equidad numérica, sino que tiene consecuencias epistémicas fundamentales: cuando grupos específicos están ausentes de procesos de innovación y formulación de políticas, sus perspectivas, necesidades y preocupaciones sistemáticamente quedan marginalizadas (Seskir et al., 2023). En el contexto de tecnologías con potencial transformador como las cuánticas, esta exclusión puede perpetuar y amplificar desigualdades existentes (Damayanti, 2024).

La literatura sobre democratización tecnológica ha establecido que el acceso efectivo a tecnologías emergentes requiere mucho más que disponibilidad física; demanda capacidad de comprensión, participación significativa en procesos de gobernanza y poder para influenciar direcciones de desarrollo (Seskir et al., 2023; Troyer et al., 2024). Aplicando estas lecciones al contexto cuántico, argumentamos que la inclusión genuina de mujeres en el ecosistema Quantum-ELSPI requiere transformaciones estructurales en cómo se conciben, diseñan e implementan políticas para tecnologías cuánticas.

Este artículo contribuye a la literatura emergente sobre ética cuántica y gobernanza de tecno-

logías desarrollando un marco conceptual específicamente diseñado para facilitar la participación deliberativa femenina en políticas de tecnología cuántica. Nuestro análisis se fundamenta en tres pilares teóricos: primero, teorías de democracia deliberativa que enfatizan la importancia de incluir perspectivas diversas en procesos de toma de decisiones colectivas; segundo, literatura sobre democratización de tecnologías que identifica barreras sistémicas al acceso y participación; y tercero, estudios feministas de ciencia y tecnología que revelan cómo sesgos de género se incorporan en diseño tecnológico y formulación de políticas.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: la siguiente sección establece el marco conceptual de Quantum-ELSPI y analiza los desafíos específicos de género que enfrenta este campo emergente. La tercera sección examina teorías de participación deliberativa y su aplicación al contexto de democratización de tecnologías cuánticas. La cuarta sección presenta un análisis empírico de brechas de género en el ecosistema cuántico actual, identificando tanto barreras como oportunidades para mayor inclusión. La quinta sección desarrolla nuestro framework propuesto de participación deliberativa, detallando mecanismos institucionales y estrategias de implementación. La sexta sección discute implicaciones más amplias para desarrollo sostenible e inclusión social. Finalmente, la sección de conclusiones sintetiza hallazgos clave y propone direcciones para investigación futura.

2. Quantum-ELSPI: Marco Conceptual y Desafíos de Género

El concepto de Quantum-ELSPI ha emergido como un metaparadigma que conecta inextricablemente la investigación en tecnologías cuánticas con las cuestiones que surgen de su introducción en la sociedad (Kop, 2023). Este campo interdisciplinario reconoce que las tecnologías cuánticas de segunda generación no son simplemente herramientas neutrales, sino que están profundamente entrelazadas con valores sociales, estructuras de poder y consideraciones éticas (Damayanti, 2024). A diferencia de debates retrospectivos sobre impactos tecnológicos, Quantum-ELSPI adopta un enfoque anticipatorio, buscando identificar y abordar implicaciones sociales durante las etapas formativas del desarrollo tecnológico (de Jong, 2022).

La urgencia de este enfoque anticipatorio se fundamenta en lecciones históricas de revoluciones tecnológicas previas. Como señalan Vermaas (2017), el framing de la teoría cuántica como inherentemente enigmática y incomprensible ha obstaculizado el debate societal informado, creando una brecha epistémica entre expertos técnicos y el público general. Esta brecha es particularmente problemática cuando se considera que las tecnologías cuánticas tendrán impactos profundos en múltiples dominios sociales, desde seguridad cibernética hasta sistemas de salud (Wheatley Research Consultancy, 2024). El desafío, por lo tanto, no es simplemente técnico sino fundamentalmente político y social: ¿quién tiene voz en determinar las direcciones

del desarrollo cuántico? ¿Cómo se pueden incorporar perspectivas diversas en procesos de toma de decisiones? ¿Qué mecanismos institucionales pueden facilitar participación inclusiva?

Las dimensiones del Quantum-ELSPI abarcan consideraciones éticas sobre privacidad, seguridad y equidad; cuestiones legales relacionadas con propiedad intelectual, regulación y responsabilidad; implicaciones sociales para empleo, educación y cohesión comunitaria; y desafíos políticos en gobernanza, inversión pública y cooperación internacional (Kop, 2023). Sin embargo, a pesar de esta amplitud conceptual, el análisis de género permanece notablemente ausente de la mayoría de discusiones en Quantum-ELSPI (Wolbring, 2022).

La ausencia de consideraciones de género en Quantum-ELSPI es particularmente preocupante dado que investigaciones en otros campos tecnológicos han demostrado consistentemente cómo sesgos de género se incorporan en diseño tecnológico, implementación de políticas y distribución de beneficios (Ebua, 2023). En el contexto de tecnologías digitales, por ejemplo, la exclusión femenina de procesos de desarrollo ha resultado en algoritmos que perpetúan discriminación, interfaces que ignoran necesidades específicas de usuarias y políticas que exacerbaban brechas de género existentes (Pohjola, 2001; Dahlman et al., 2016).

El escrutinio de género en Quantum-ELSPI revela múltiples niveles de exclusión estructural. A nivel educativo, las mujeres están significativamente subrepresentadas en programas de física cuántica, ciencias de la computación y matemáticas avanzadas, los campos fundacionales para carreras en tecnología cuántica (?). Esta brecha educativa tiene raíces profundas en estereotipos de género, pedagogías exclusionarias y falta de modelos femeninos en campos científicos (Lee, 2001). A nivel profesional, las mujeres constituyen una minoría en laboratorios de investigación cuántica, empresas emergentes del sector y equipos de desarrollo de hardware y software cuántico (Peterssen, 2020). Esta subrepresentación tiene consecuencias directas para el tipo de problemas que se priorizan, las aplicaciones que se desarrollan y las consideraciones que se incorporan en diseño tecnológico.

Más críticamente para nuestro análisis, las mujeres están dramáticamente subrepresentadas en espacios de formulación de políticas para tecnologías cuánticas. Comités asesores gubernamentales, grupos de trabajo de estándares internacionales y consejos de ética tecnológica frecuentemente carecen de paridad de género o incluso de representación femenina significativa (Wolbring, 2022). Esta ausencia es particularmente problemática dado que políticas cuánticas se están desarrollando precisamente ahora, en una ventana crítica donde decisiones fundamentales sobre gobernanza, regulación e inversión pública están siendo determinadas (Kiesow Cortez et al., 2023).

La literatura sobre ética cuántica emergente ha comenzado a reconocer estas brechas. Arrow et al. (2023) documentan los esfuerzos del Quantum Ethics Project para desarrollar currículos que integren consideraciones éticas, sociales y políticas en educación cuántica, aunque reconocen limitaciones en abordar explícitamente dimensiones de género. Meyer (2023) propone

un enfoque holístico para educación en ética cuántica que potencialmente podría incorporar perspectivas feministas, aunque esto permanece subdesarrollado en la literatura actual. Possati (2024) desarrolla un enfoque hermenéutico de evaluación tecnológica que reconoce la importancia de diversidad de interpretaciones sociales, abriendo espacio conceptual para análisis de género.

El marco Quantum-ELSPI también debe considerar interseccionalidades entre género y otras dimensiones de identidad social y posición estructural. Como señalan Wolbring (2022) en su revisión exhaustiva, frameworks de Equidad, Diversidad e Inclusión están completamente ausentes en la literatura técnica sobre tecnologías cuánticas, y grupos marginalizados raramente se mencionan. Esta ausencia interseccional es problemática porque las experiencias y necesidades de mujeres varían significativamente según raza, clase, geografía y otros marcadores de diferencia social (Ebua, 2023).

Las implicaciones de estas exclusiones son múltiples. Primero, políticas cuánticas diseñadas sin participación femenina significativa tienen mayor probabilidad de reproducir sesgos de género existentes y crear nuevas formas de discriminación tecnológica (Damayanti, 2024). Segundo, la ausencia de perspectivas femeninas limita el rango de aplicaciones cuánticas que se consideran valiosas o prioritarias, potencialmente descuidando áreas con alto impacto social como educación, salud comunitaria o sostenibilidad ambiental (Troyer et al., 2024). Tercero, la exclusión de mujeres de espacios de gobernanza cuántica perpetúa patrones históricos de marginalización en campos tecnológicos, minando esfuerzos más amplios hacia equidad de género en ciencia y tecnología (Raja and Christiaensen, 2017).

Abordar estos desafíos requiere ir más allá de intervenciones superficiales centradas en aumentar números femeninos. Como argumenta la literatura feminista sobre ciencia y tecnología, la inclusión genuina demanda transformaciones estructurales en cómo se concibe, organiza y practica la ciencia y la formulación de políticas (Ebua, 2023). En el contexto de Quantum-ELSPI, esto implica repensar fundamentalmente quién cuenta como stakeholder legítimo, qué tipos de conocimiento se valoran en procesos deliberativos y cómo se distribuye poder de toma de decisiones (Seskir et al., 2023).

3. Participación Deliberativa y Democratización de las Tecnologías Cuánticas

La democratización de tecnologías cuánticas emerge como un imperativo tanto normativo como práctico en discusiones contemporáneas sobre gobernanza tecnológica (Seskir et al., 2023). Sin embargo, el concepto mismo de democratización permanece contestado y frecuentemente subdesarrollado en literatura sobre tecnología cuántica. Seskir et al. (2023) analizan cómo empresas de computación cuántica utilizan el término democratización de manera es-

trecha y limitada, frecuentemente refiriéndose simplemente a acceso comercial a plataformas cuánticas en la nube. Esta conceptualización tecnocrática contrasta marcadamente con teorías políticas robustas de democracia que enfatizan participación sustantiva en procesos de toma de decisiones colectivas.

Teorías de democracia deliberativa ofrecen un marco particularmente relevante para repensar la participación en políticas de tecnología cuántica. La democracia deliberativa, como articulada por teóricos políticos contemporáneos, sostiene que la legitimidad de decisiones colectivas deriva no simplemente del agregado de preferencias individuales preexistentes, sino del proceso de deliberación razonada entre ciudadanos iguales (Seskir et al., 2023). Aplicada al contexto de tecnologías emergentes, esta perspectiva sugiere que políticas cuánticas serían más legítimas y efectivas si emergen de procesos deliberativos que incluyen voces diversas y permiten examen crítico de supuestos, valores y consecuencias potenciales.

La importancia de participación deliberativa en gobernanza de tecnologías cuánticas se fundamenta en varias consideraciones. Primero, las tecnologías cuánticas involucran incertidumbres técnicas profundas y trade-offs complejos entre valores potencialmente conflictivos como innovación versus seguridad, eficiencia versus equidad, y progreso versus precaución (Kiesow Cortez et al., 2023). Procesos deliberativos que involucran perspectivas diversas tienen mayor capacidad para identificar estos trade-offs, evaluar sus implicaciones y negociar soluciones aceptables. Segundo, las consecuencias sociales de tecnologías cuánticas se distribuirán desigualmente entre diferentes grupos poblacionales, con algunos experimentando principalmente beneficios mientras otros cargan con riesgos (Wheatley Research Consultancy, 2024). Participación deliberativa proporciona mecanismos para que grupos afectados articulen sus preocupaciones e influyeran direcciones de desarrollo tecnológico.

Troyer et al. (2024) articulan tres prioridades estratégicas para computación cuántica que resuenan con principios de democracia deliberativa: Impact, Use y Access. La dimensión de Impact enfatiza asegurar que computación cuántica beneficie a toda la humanidad desarrollando soluciones para problemas globales críticos. La dimensión de Use se centra en proteger contra uso malicioso mediante gobernanza apropiada. La dimensión de Access aborda democratización de potencial de crecimiento económico a través de desarrollo de fuerza laboral y ecosistema. Significativamente, estos autores reconocen que ninguna entidad única realizará estas prioridades; más bien, requieren asociaciones profundas entre industria, gobiernos y academia. Extendemos este argumento sugiriendo que tales asociaciones deben incorporar explícitamente participación deliberativa de grupos diversos, incluyendo mujeres, para ser verdaderamente efectivas.

La relación entre democratización tecnológica y género es compleja y multifacética. Como documenta literatura sobre brecha digital, el acceso a tecnologías de información y comunicación no es distribuido equitativamente, con mujeres, particularmente en países en desarrollo,

enfrentando múltiples barreras (Pohjola, 2001; Dahlman et al., 2016). Estas barreras incluyen no solo limitaciones materiales como costo de hardware y conectividad, sino también factores socioculturales como normas de género que restringen movilidad femenina, responsabilidades de cuidado no remuneradas que limitan tiempo disponible para capacitación tecnológica, y falta de espacios seguros para participación en comunidades tecnológicas (Rosario, 2012).

En el contexto específico de tecnologías cuánticas, barreras a participación femenina son aún más pronunciadas debido a la naturaleza altamente especializada y matemáticamente intensiva del campo. La educación cuántica típicamente requiere formación avanzada en física, matemáticas y ciencias de la computación, campos donde mujeres continúan siendo minoría (?). Más allá de barreras educativas, las mujeres en campos tecnológicos frecuentemente enfrentan ambientes laborales hostiles, microagresiones, cuestionamiento de competencia y falta de mentoría y patrocinio (Lee, 2001). Estas dinámicas exclusionarias no solo reducen números femeninos sino que también influyen quién persiste en el campo, qué tipos de contribuciones se valoran y cuyas voces se escuchan en discusiones sobre direcciones futuras.

? proponen el concepto de quantum literacy como medio de abordar la necesidad de investigación transdisciplinar en respuesta a problemas complejos en el corazón de cuestiones sobre sustentabilidad global. Quantum literacy, en su conceptualización, no se refiere a dominio técnico profundo de mecánica cuántica sino más bien a comprensión funcional suficiente para participar en debates informados sobre implicaciones sociales de tecnologías cuánticas. Este concepto es particularmente relevante para pensar sobre participación deliberativa femenina: en lugar de asumir que participación significativa requiere credenciales científicas avanzadas, quantum literacy sugiere que formas apropiadas de educación y visualización pueden permitir que no especialistas desarrollen comprensión intuitiva pero rigurosa de conceptos cuánticos clave.

El trabajo sobre educación en ética cuántica refuerza esta perspectiva. Arrow et al. (2023) describen esfuerzos para crear cursos que integran consideraciones técnicas con análisis ético, legal y social, argumentando que profesionales cuánticos necesitan formación en navegación de dilemas éticos tanto como necesitan competencia técnica. Significativamente, este enfoque pedagógico reconoce que comprensión ética no es secundaria o suplementaria a conocimiento técnico, sino integral a práctica responsable de ciencia y tecnología. Extendiendo esta lógica, argumentamos que participación femenina significativa en gobernanza cuántica requiere no solo que mujeres adquieran quantum literacy técnica, sino que espacios deliberativos valoren y incorporen conocimientos experienciales, éticos y sociales que las mujeres aportan.

La literatura sobre responsible research and innovation proporciona insights adicionales sobre cómo estructurar procesos deliberativos para tecnologías emergentes. Este marco enfatiza anticipación, reflexividad, inclusión y responsiveness como principios clave para gobernanza tecnológica (Coenen et al., 2022). Anticipación implica imaginar de manera sistemática futu-

ros posibles y sus implicaciones. Reflexividad requiere examen crítico de supuestos, valores y limitaciones de conocimiento propio. Inclusión demanda participación amplia de stakeholders diversos en procesos de toma de decisiones. Responsiveness significa capacidad de adaptar direcciones de investigación e innovación basado en insights de procesos deliberativos.

Coenen et al. (2022) articulan un manifiesto para prevenir fracasos de implementación en la interfaz ciencia-sociedad para tecnologías cuánticas, identificando stumbling blocks clave y proponiendo recomendaciones específicas. Entre sus preocupaciones está el riesgo de que tecnologías cuánticas repitan patrones problemáticos de implementación de tecnologías previas, donde beneficios se acumulan a elites mientras costos se externalizan a grupos marginalizados. Su enfoque enfatiza importancia de engajar tempranamente y frecuentemente con público amplio, desarrollar narrativas accesibles sobre tecnologías cuánticas y crear mecanismos institucionales para incorporar feedback societal en trayectorias de investigación.

4. Mujeres en el Ecosistema Cuántico: Análisis de Brechas y Oportunidades

El ecosistema cuántico contemporáneo exhibe brechas de género pronunciadas en múltiples niveles, desde educación y entrenamiento hasta liderazgo en investigación e influencia en políticas públicas. Comprender la naturaleza y magnitud de estas brechas es esencial para diseñar intervenciones efectivas que faciliten participación femenina significativa en Quantum-ELSPI.

A nivel educativo, la pipeline cuántica muestra patrones consistentes de attrition femenina a medida que se avanza desde educación secundaria a programas de posgrado y posiciones profesionales (Peterssen, 2020). Múltiples factores contribuyen a esta attrición. Primero, estereotipos de género persistentes asocian campos matemáticamente intensivos con masculinidad, creando ambientes donde capacidad femenina es sistemáticamente cuestionada y devaluada (Lee, 2001). Segundo, la pedagogía en física y matemáticas frecuentemente privilegia estilos de aprendizaje competitivos que pueden alienar a estudiantes que prefieren enfoques más colaborativos (?). Tercero, la ausencia de modelos femeninos visibles en posiciones de liderazgo en campos cuánticos envía mensajes implícitos sobre quién pertenece en estos espacios.

La literatura sobre educación STEM ha documentado extensivamente cómo currículos aparentemente neutrales en realidad incorporan sesgos de género sutiles pero consecuenciales (Middleton, 1993; Saleem and Higuchi, 2014). Ejemplos pedagógicos frecuentemente reflejan experiencias e intereses masculinos, mientras aplicaciones potenciales se enmarcan de maneras que resuenan más con socialización masculina. En el contexto de educación cuántica, esto podría manifestarse en énfasis en aplicaciones militares o computacionales de alto rendimiento a expensas de aplicaciones en salud, educación o sostenibilidad ambiental, áreas que investigaciones sugieren tienen mayor resonancia con motivaciones de estudiantes femeninas (Rosario,

2012).

Las brechas educativas se amplifican en transición a mercado laboral cuántico. Investigación sobre fuerza laboral en tecnología consistentemente documenta que mujeres enfrentan barreras desproporcionadas en contratación, promoción y retención (Peterssen, 2020). En campos altamente técnicos como computación cuántica, estas barreras incluyen criterios de evaluación que privilegian ciertos tipos de conocimiento técnico mientras devalúan competencias asociadas con feminidad como colaboración, comunicación y consideración de implicaciones sociales (Raja and Christiaensen, 2017). Adicionalmente, culturas organizacionales en startups tecnológicas y laboratorios de investigación frecuentemente perpetúan prácticas exclusionarias, desde networking informal en espacios masculinizados hasta horarios de trabajo que asumen disponibilidad total sin responsabilidades de cuidado (Packard et al., 2018).

El análisis de Wolbring (2022) sobre presencia de consideraciones sociales en literatura técnica cuántica revela ausencia casi total de referencias a género, equidad o inclusión. De 362,728 abstracts técnicos analizados, frameworks EDI estaban completamente ausentes, y grupos marginalizados, incluyendo mujeres, raramente se mencionaban. Este silencio epistémico es particularmente significativo: sugiere que consideraciones de género ni siquiera se registran como relevantes para investigadores cuánticos, indicando profunda desconexión entre comunidades técnicas y académicas preocupadas por justicia social.

Sin embargo, el panorama no es uniformemente desolador. Emergentes iniciativas buscan abordar brechas de género en tecnología cuántica, aunque permanecen fragmentadas y subfinanciadas. Organizaciones profesionales como Women in Quantum Computing and Applications han creado redes de mentoría y apoyo para mujeres en el campo. Programas educativos como quantum literacy initiatives descritas por ? ofrecen enfoques pedagógicos más inclusivos que podrían ampliar participación. Algunas empresas cuánticas han implementado políticas de diversidad e inclusión, aunque efectividad de estas iniciativas permanece poco documentada.

El sector público también está comenzando a reconocer importancia de equidad en desarrollo cuántico. Estrategias nacionales de tecnología cuántica en varios países incluyen lenguaje sobre desarrollo inclusivo de fuerza laboral, aunque mecanismos concretos de implementación frecuentemente están ausentes (European Commission. Joint Research Centre, 2016). Organismos internacionales han comenzado a articular principios para desarrollo responsable de tecnologías cuánticas que incluyen compromisos con equidad, aunque traducción a políticas concretas permanece inconsistente (Krishnamurthy, 2022).

Oportunidades para mayor participación femenina también emergen de naturaleza interdisciplinaria de Quantum-ELSPI. A diferencia de investigación técnica cuántica que requiere formación altamente especializada, Quantum-ELSPI necesita expertise diverso incluyendo ética, derecho, ciencias sociales, política pública y estudios de ciencia y tecnología. Estas son áreas donde mujeres tienen mayor representación y donde conocimientos y perspectivas específi-

camente informadas por experiencias de género pueden ser particularmente valiosas (Arrow et al., 2023). Por ejemplo, análisis de implicaciones de privacidad de comunicaciones cuánticas se beneficia de comprensión de cómo mujeres experimentan desproporcionadamente vigilancia y acoso digital. Consideración de impactos laborales de automatización cuántica requiere atención a cómo efectos se distribuyen de manera diferenciada entre trabajadores según género.

La intersección entre desarrollo tecnológico y desarrollo económico ofrece punto de entrada adicional para participación femenina. Como documenta literatura sobre tecnología en países en desarrollo, intervenciones tecnológicas tienen mayor probabilidad de éxito cuando incorporan conocimiento local y abordan necesidades específicas de comunidades (Juma et al., 2001; Sharma and Dutz, 2012). En contexto de tecnologías cuánticas, esto sugiere que desarrollo de aplicaciones para regiones de ingresos bajos y medios se beneficiaría significativamente de participación de mujeres que comprenden contextos locales, desafíos específicos de género y potenciales aplicaciones de tecnología cuántica para abordar problemas de desarrollo (Ebua, 2023).

5. Framework de Participación Deliberativa para Políticas Cuánticas con Perspectiva de Género

Basándonos en el análisis precedente de brechas y oportunidades, proponemos un framework multidimensional de participación deliberativa diseñado específicamente para facilitar inclusión femenina significativa en formulación de políticas de tecnología cuántica. Este framework integra insights de teorías de democracia deliberativa, estudios feministas de ciencia y tecnología, y prácticas emergentes de gobernanza de tecnologías, adaptándolas al contexto específico de tecnologías cuánticas.

El framework se estructura alrededor de cuatro pilares fundamentales: mecanismos institucionales que crean espacios formales para participación femenina; procesos deliberativos que aseguran que voces femeninas sean escuchadas y valoradas; estrategias de capacitación que desarrollan quantum literacy y competencias deliberativas; y sistemas de accountability que monitorean progreso y mantienen compromisos con equidad de género.

Mecanismos Institucionales: El primer pilar requiere creación de estructuras institucionales permanentes que garanticen representación femenina en espacios de toma de decisiones sobre políticas cuánticas. Esto incluye mandatos de paridad de género en comités asesores gubernamentales sobre tecnologías cuánticas, consejos de ética en instituciones de investigación cuántica y grupos de trabajo de estándares internacionales (Troyer et al., 2024). Tales mandatos no deben ser meramente simbólicos sino acompañados por recursos, autoridad real de toma de decisiones y expectativas claras sobre influencia en políticas (Seskir et al., 2023).

Institucionalizar participación femenina también requiere transformación de culturas orga-

nizacionales en laboratorios de investigación cuántica, empresas del sector y agencias gubernamentales. Esto implica políticas concretas sobre equidad salarial, apoyo para responsabilidades de cuidado, protocolos contra acoso y sesgo, y procesos transparentes de evaluación y promoción (Raja and Christiaensen, 2017). Como argumenta literatura sobre diversidad en organizaciones, inclusión genuina requiere ir más allá de reclutar mujeres para transformar ambientes que históricamente las han excluido (Packard et al., 2018).

Adicionalmente, mecanismos institucionales deben abordar interseccionalidades. Representación femenina no es suficiente si solo incluye mujeres de contextos privilegiados mientras excluye voces de mujeres de color, mujeres de países en desarrollo, mujeres con discapacidades o mujeres de otras identidades marginalizadas (Wolbring, 2022). Comités y grupos de trabajo deben diseñarse intencionalmente para incluir diversidad en múltiples dimensiones, no solo género.

Procesos Deliberativos: El segundo pilar se centra en diseñar procesos deliberativos que permitan participación femenina significativa. Investigación sobre dinámica de grupos revela que simplemente incluir mujeres en espacios de toma de decisiones no garantiza que sus voces sean valoradas; normas de interacción, estructuras de comunicación y dinámicas de poder todas influyen quién habla, quién es escuchado y cuyas contribuciones influyen decisiones finales (de Jong, 2022).

Procesos deliberativos efectivos requieren múltiples elementos. Primero, capacitación para todos participantes sobre dinámicas de sesgo implícito, microagresiones y comunicación inclusiva. Segundo, facilitación profesional que asegura que todos voces tengan oportunidad de contribuir y que previene dominación de discusión por individuos o grupos específicos. Tercero, diversidad de formatos de participación que acomoden diferentes estilos de comunicación, desde deliberación en grandes grupos hasta consultas escritas, desde talleres colaborativos hasta testimonios individuales (Arrow et al., 2023).

Los procesos deliberativos también deben ser diseñados para valorar múltiples formas de expertise. Gobernanza cuántica tradicional frecuentemente privilegia conocimiento técnico sobre otros tipos de conocimiento, marginalizando perspectivas de stakeholders que carecen de credenciales científicas formales pero poseen expertise relevante sobre implicaciones sociales, contextos locales o dimensiones éticas (Possati, 2024). Framework deliberativo inclusivo reconoce que comprensión profunda de tecnologías cuánticas requiere integrar expertise técnico con conocimiento ético, experiencial y contextual.

Significativamente, procesos deliberativos deben incluir mecanismos para abordar desacuerdos fundamentales. Políticas cuánticas inevitablemente involucran trade-offs entre valores potencialmente conflictivos, y diferentes stakeholders tendrán perspectivas legítimamente diferentes sobre cómo balancear estos trade-offs (Kiesow Cortez et al., 2023). En lugar de buscar consenso artificial, procesos deliberativos deben crear espacios para expresar desacuerdo razonado,

explorar bases de diferencias y negociar soluciones que, aunque no satisfagan completamente a todos, sean percibidas como legítimas y justificadas.

Estrategias de Capacitación: El tercer pilar reconoce que participación deliberativa significativa requiere que participantes posean conocimiento suficiente para contribuir de manera informada. Sin embargo, como discutido anteriormente, barreras a educación cuántica son particularmente pronunciadas para mujeres. Por lo tanto, el framework incluye estrategias específicas de capacitación diseñadas para desarrollar quantum literacy entre mujeres de diversos backgrounds.

Estas estrategias deben ir más allá de entrenamiento técnico para incluir desarrollo de competencias deliberativas: comprensión de procesos de formulación de políticas, habilidades de comunicación efectiva en contextos multistakeholder, capacidad de traducir conocimiento técnico a implicaciones sociales y viceversa (?). Programas de capacitación también deben abordar dimensiones de poder, preparando participantes para navegar ambientes donde su credibilidad pueda ser cuestionada y su expertise devaluada.

Modelos educativos innovadores ofrecen inspiración para estos esfuerzos de capacitación. ? describen herramientas de visualización mediante puzzles que permiten a no especialistas desarrollar comprensión intuitiva pero rigurosa de computación cuántica. Tales enfoques pedagógicos, que enfatizan aprendizaje activo y colaborativo sobre instrucción pasiva, pueden ser particularmente efectivos para audiencias diversas (Saleem and Higuchi, 2014). Adicionalmente, capacitación debe ser contextualizada: en lugar de presentar conceptos cuánticos abstractos, educación debe conectar tecnologías cuánticas con problemas concretos que participantes se preocupan, desde seguridad de comunicaciones hasta sostenibilidad ambiental hasta equidad económica.

Sistemas de Accountability: El cuarto pilar establece mecanismos para monitorear progreso hacia inclusión de género y mantener compromisos con participación deliberativa. Sin accountability, declaraciones sobre importancia de diversidad e inclusión frecuentemente permanecen retóricas sin traducirse en cambio sustantivo (Wolbring, 2022).

Accountability requiere primero establecer métricas claras para evaluar participación femenina en múltiples niveles del ecosistema cuántico. Estas métricas deben ser lo suficientemente granulares para identificar dónde ocurren brechas más pronunciadas y lo suficientemente desagregadas para revelar diferencias basadas en interseccionalidades (Seskir et al., 2023). Métricas también deben ir más allá de simple representación numérica para evaluar calidad de participación: ¿Las mujeres tienen influencia real en decisiones? ¿Sus contribuciones son reconocidas y valoradas? ¿Persisten en el campo o experimentan tasas desproporcionadas de attrition?

Segundo, accountability requiere transparencia. Organizaciones involucradas en desarrollo y gobernanza cuántica deben reportar públicamente sobre composición de género de sus equipos, comités y procesos de toma de decisiones. Gobiernos que invierten en tecnologías cuánticas

deben incluir requisitos de equidad de género en criterios de financiamiento y evaluación de programas (Troyer et al., 2024).

Tercero, accountability requiere consecuencias. Cuando organizaciones fallan en cumplir compromisos de equidad de género, debe haber repercusiones, ya sea reducción de financiamiento, exclusión de procesos de formulación de políticas o daño reputacional (Raja and Christiaensen, 2017). Simultáneamente, debe haber reconocimiento y recompensas para organizaciones que demuestran liderazgo en inclusión de género.

6. Implicaciones para el Desarrollo Sostenible y la Inclusión Social

La inclusión de mujeres como agentes de innovación en Quantum-ELSPI tiene implicaciones que se extienden mucho más allá de equidad de género per se, conectándose fundamentalmente con objetivos más amplios de desarrollo sostenible e inclusión social. Esta sección explora cómo participación deliberativa femenina en gobernanza cuántica puede influenciar direcciones de desarrollo tecnológico, distribución de beneficios y capacidad de tecnologías cuánticas para contribuir a desafíos globales prioritarios.

Investigación sobre alineación de tecnologías cuánticas con Objetivos de Desarrollo Sostenible identifica potencial significativo en áreas como energía renovable, mitigación de cambio climático, optimización de recursos y desarrollo de materiales sostenibles (??). Sin embargo, la realización de este potencial no es automática sino depende de decisiones sobre qué aplicaciones priorizar, qué problemas se consideran dignos de atención de investigación y cómo se distribuyen recursos entre diferentes direcciones de desarrollo (Ho et al., 2024).

Participación femenina en estos procesos de priorización puede influenciar decisiones de maneras que alinean mejor desarrollo cuántico con necesidades sociales. Evidencia de otros campos tecnológicos sugiere que equipos diversos toman decisiones de diseño diferentes que equipos homogéneos, con mayor tendencia a considerar implicaciones sociales, identificar consecuencias no intencionadas y desarrollar soluciones que sirven a usuarios diversos (Packard et al., 2018). En contexto cuántico, esto podría manifestarse en mayor atención a aplicaciones con impacto social directo, como tecnologías cuánticas para monitoreo ambiental comunitario, optimización de cadenas de suministro de alimentos, o mejora de acceso a servicios de salud en regiones remotas (K G et al., 2025).

La conexión entre equidad de género y sostenibilidad ambiental merece atención particular. Literatura emergente sobre desarrollo sostenible argumenta que justicia social y sostenibilidad ambiental son inextricablemente vinculadas: sociedades más equitativas tienden a adoptar políticas ambientales más fuertes, mientras que degradación ambiental desproporcionadamente afecta a grupos marginalizados (Ebua, 2023). Aplicando esta lógica a tecnologías cuánticas,

políticas que facilitan participación femenina pueden resultar en mayor énfasis en aplicaciones cuánticas para problemas ambientales (Ashwani et al., 2024).

Arora and Kumar (2024) alertan que impactos ambientales de la propia computación cuántica, incluyendo huella de carbono, generación de desechos electrónicos y consumo de recursos, permanecen ampliamente desconocidos. Desarrollan framework de carbon-aware quantum computing para abordar estas preocupaciones. Participación femenina en deliberaciones sobre sostenibilidad de tecnologías cuánticas puede fortalecer estos esfuerzos, trayendo perspectivas sobre ciclos de vida de productos, economía circular y principios de precaución que han sido centrales a advocacy ambiental feminista.

Las implicaciones económicas de inclusión de género en gobernanza cuántica también son significativas. Economías de conocimiento contemporáneas reconocen cada vez más que diversidad e inclusión no son solo imperativos éticos sino también drivers de innovación y competitividad (López-Claros, 2011). Empresas y regiones que exitosamente atraen y retienen talento diverso tienen ventajas en creatividad, resolución de problemas y capacidad de servir mercados diversos (Fieser and Malecki, 1993). En contexto cuántico, países y regiones que priorizan inclusión de género en desarrollo de fuerza laboral cuántica pueden posicionarse más efectivamente en economía cuántica emergente (Schiff and Wang, 2010).

Sin embargo, también existen riesgos de que tecnologías cuánticas exacerben desigualdades económicas existentes, incluyendo desigualdades de género. Como documenta literatura sobre impacto de automatización y IA, tecnologías disruptivas frecuentemente tienen efectos distribucionales desiguales, con beneficios acumulándose a trabajadores altamente educados mientras trabajadores de menor cualificación experimentan desplazamiento (Sultana et al., 2024; Zhuang, 2025). Preocupaciones similares aplican a tecnologías cuánticas (Islam et al., 2024).

Participación deliberativa femenina en políticas cuánticas puede ayudar a identificar y mitigar estos riesgos distribucionales. Mujeres están sobrerrepresentadas en ciertos sectores vulnerables a automatización cuántica potencial, incluyendo trabajo administrativo y servicios de atención al cliente (Sultana et al., 2024). Sus perspectivas sobre estrategias de transición, programas de capacitación y redes de seguridad social son cruciales para diseñar políticas que amortigüen impactos adversos (Mykytas, 2025).

La brecha digital, frecuentemente conceptualizada en términos de acceso a tecnologías de información y comunicación, está evolucionando hacia una brecha cuántica potencial (Bulatova et al., 2023). A medida que capacidades cuánticas se vuelven importantes para competitividad económica, seguridad nacional y capacidad de abordar desafíos complejos, disparidades en acceso a tecnologías y expertise cuánticas pueden crear nuevas formas de exclusión (Dahlman et al., 2016). Dimensiones de género de esta brecha cuántica emergente requieren atención urgente: si mujeres son excluidas de educación y carreras cuánticas, quedarán marginalizadas en economía cuántica (Heeks and Bukht, 2018).

El framework de participación deliberativa propuesto contribuye a abordar estos desafíos al asegurar que políticas cuánticas incorporen explícitamente consideraciones de equidad. En lugar de asumir que beneficios de desarrollo cuántico se distribuirán automáticamente, el framework demanda análisis proactivo de quién se beneficia, quién carga con costos y qué intervenciones son necesarias para asegurar distribución equitativa (Ebua, 2023).

Finalmente, las implicaciones educativas de mayor inclusión femenina en gobernanza cuántica son profundas. Visibilidad de mujeres en posiciones de liderazgo en Quantum-ELSPI puede inspirar a futuras generaciones de niñas y mujeres jóvenes a considerar carreras en campos cuánticos (?). Más fundamentalmente, transformación de culturas en ciencia y tecnología para ser más inclusivas beneficia no solo a mujeres sino a todos que han sido marginalizados por normas masculinizadas dominantes (Arrow et al., 2023).

7. Conclusiones

Este artículo ha desarrollado un marco conceptual para facilitar la participación deliberativa de mujeres en la formulación de políticas de tecnología cuántica, argumentando que tal inclusión es tanto un imperativo de equidad como una necesidad práctica para desarrollo responsable y sostenible de tecnologías cuánticas. Nuestro análisis revela que el campo emergente de Quantum-ELSPI, aunque conceptualmente comprometido con abordar implicaciones sociales de tecnologías cuánticas, ha descuidado sistemáticamente consideraciones de género, reproduciendo patrones históricos de exclusión femenina de gobernanza tecnológica.

La revisión de literatura sobre democratización de tecnologías, teorías de democracia deliberativa y estudios feministas de ciencia y tecnología proporciona fundamentos teóricos robustos para nuestro framework propuesto. Estos campos convergen en reconocer que participación significativa en gobernanza tecnológica requiere mucho más que acceso físico a tecnologías; demanda capacidad de comprensión, poder para influenciar decisiones y valoración de perspectivas diversas en procesos deliberativos. Aplicando estos insights al contexto cuántico, hemos identificado múltiples niveles donde intervenciones son necesarias: desde educación y desarrollo de fuerza laboral hasta mecanismos institucionales de formulación de políticas hasta culturas organizacionales en laboratorios de investigación y empresas cuánticas.

El análisis de brechas de género en el ecosistema cuántico actual revela desafíos profundos pero también oportunidades emergentes. Mientras mujeres permanecen dramáticamente subrepresentadas en investigación técnica cuántica, el carácter interdisciplinario de Quantum-ELSPI ofrece puntos de entrada donde expertise diverso, incluyendo conocimiento ético, legal, social y político que mujeres frecuentemente poseen, es directamente relevante. La naturaleza temprana del desarrollo de políticas cuánticas constituye una ventana crítica de oportunidad: decisiones tomadas ahora sobre gobernanza, regulación e inversión pública tendrán consecuencias durade-

ras para cómo se desarrollan y distribuyen tecnologías cuánticas.

El framework de participación deliberativa propuesto estructura intervenciones alrededor de cuatro pilares: mecanismos institucionales que garantizan representación femenina, procesos deliberativos que valoran voces diversas, estrategias de capacitación que desarrollan quantum literacy y competencias deliberativas, y sistemas de accountability que monitorean progreso y mantienen compromisos. Cada pilar se basa en evidencia de mejores prácticas de otros campos tecnológicos mientras se adapta a características específicas de tecnologías cuánticas y sus comunidades. Críticamente, el framework enfatiza que inclusión genuina requiere transformaciones estructurales, no simplemente intervenciones superficiales para aumentar números.

Las implicaciones de mayor participación femenina en gobernanza cuántica se extienden más allá de equidad de género per se para conectarse con objetivos de desarrollo sostenible, distribución equitativa de beneficios tecnológicos y capacidad de tecnologías cuánticas para abordar desafíos globales prioritarios. Evidencia de otros campos sugiere que equipos diversos toman decisiones diferentes que equipos homogéneos, con mayor probabilidad de considerar implicaciones sociales amplias y desarrollar soluciones inclusivas. En contexto cuántico, esto podría traducirse en mayor atención a aplicaciones con impacto social directo, sostenibilidad ambiental de tecnologías cuánticas y estrategias de mitigación para posibles efectos distribucionales adversos.

Varias limitaciones de este análisis merecen reconocimiento. Primero, aunque hemos propuesto un framework conceptual comprehensivo, su implementación efectiva requerirá adaptación a contextos específicos nacionales, institucionales y culturales. Segundo, mientras hemos enfatizado importancia de interseccionalidades, nuestro análisis se ha centrado principalmente en género, con menos atención a cómo raza, clase, geografía y otras dimensiones de identidad social interactúan con género en formas complejas. Tercero, evidencia empírica sobre efectividad de diferentes estrategias para promover inclusión en campos tecnológicos emergentes permanece limitada, requiriendo que nuestras recomendaciones se basen significativamente en extrapolación de otros contextos.

Estas limitaciones apuntan a direcciones importantes para investigación futura. Estudios empíricos que documenten experiencias de mujeres actualmente trabajando en campos cuánticos, analizando barreras específicas que enfrentan y identificando factores que facilitan su éxito, serían invaluable. Investigación comparativa que examine diferentes modelos nacionales e institucionales para promover diversidad en tecnologías cuánticas podría identificar mejores prácticas transferibles. Análisis longitudinales que rastreen impactos de iniciativas de inclusión a lo largo del tiempo son necesarios para evaluar qué intervenciones son más efectivas. Estudios de caso de procesos deliberativos específicos relacionados con políticas cuánticas podrían proporcionar insights detallados sobre dinámicas de participación y mecanismos para asegurar que voces diversas influyeran decisiones.

El desarrollo de tecnologías cuánticas representa un momento de elección societal. Las direcciones que toma esta revolución tecnológica, los valores que incorpora, la distribución de sus beneficios y costos, no están predeterminadas sino sujetas a formación mediante decisiones humanas, incluyendo decisiones sobre quién participa en procesos de gobernanza. Al facilitar participación deliberativa significativa de mujeres en Quantum-ELSPI, podemos aumentar la probabilidad de que tecnologías cuánticas sirvan objetivos de equidad, sostenibilidad y bienestar humano en lugar de simplemente reproducir y amplificar desigualdades existentes. Este no es un desafío técnico sino fundamentalmente político, demandando voluntad para transformar estructuras de poder y crear espacios genuinamente inclusivos para deliberación colectiva sobre futuros tecnológicos.

Referencias

- Arora, N. and Kumar, P. (2024). Sustainable quantum computing: Opportunities and challenges of benchmarking carbon in the quantum computing lifecycle. *arXiv.org*.
- Arrow, J. , Marsh, S. E., and Meyer, J. C. (2023). A holistic approach to quantum ethics education. In *2023 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE)*, pages 119–128. IEEE.
- Ashwani, S., Tripathy, A. J., Karna, S., Reddy Jahanve, P., and Rajagopal, S. M. (2024). Quantum computing for climate change: A comprehensive review of current applications, challenges, and future directions. In *2024 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, pages 1–7. IEEE.
- Bulatova, O., Reznikova, N., and Ivashchenko, O. (2023). Digital divide or digital inequality? new dimensions of global asymmetries of socio-economic development and international trade in the conditions of technoglobalism. *Visnik Mariupolskogo deržavnogo unìversitetu Seriâ Ekonomika*, 13(25):45–57.
- Coenen, C., Grinbaum, A., Grunwald, A., Milburn, C., and Vermaas, P. (2022). Quantum technologies and society: Towards a different spin. *NanoEthics*, 16(1):1–6.
- Dahlman, C. J., Mealy, S., and Wermelinger, M. (2016). Harnessing the digital economy for developing countries. Technical report, Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD).
- Damayanti, C. (2024). Quantum ethics: Navigating the intersection of quantum mechanics and metaethics in the digital era for a just and equitable society. *Jurnal Filsafat*, 34(2):210.

- de Jong, E. (2022). Own the unknown: An anticipatory approach to prepare society for the quantum age. *Digital Society*, 1(2).
- Ebua, E. J. (2023). Investigating the potential of technology to promote development and the ethical and social implications of technological innovation in the context of development. *OALib*, 10(04):1–23.
- European Commission. Joint Research Centre (2016). *Quantum technologies: implications for European policy: issues for debate*. Publications Office, Luxembourg.
- Fieser, J. B. and Malecki, E. J. (1993). Technology and economic development: The dynamics of local, regional, and national change. *Economic Geography*, 69(1):94.
- Gilaberte Basset, M., Setzpfandt, F., Steinlechner, F., Beckert, E., Pertsch, T., and Gräfe, M. (2019). Perspectives for applications of quantum imaging. *Laser & Photonics Reviews*, 13(10).
- Heeks, R. and Bukht, R. (2018). Digital economy policy in developing countries. *SSRN Electronic Journal*.
- Ho, K. T. M., Chen, K.-C., Lee, L., Burt, F., Yu, S., and Lee, P.-H. (2024). Quantum computing for climate resilience and sustainability challenges. In *2024 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE)*, pages 262–267. IEEE.
- Islam, M. A., Hasan, S. K., Priya, S. A., Asha, A. I., and Islam, N. M. (2024). The impact of quantum computing on financial risk management: A business perspective. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 6(5).
- Juma, C., Fang, K., Honca, D., Perez, J. H., Konde, V., Lee, S. H., Arenas, J., Ivinson, A., Robinson, H., and Singh, S. (2001). Global governance of technology: meeting the needs of developing countries. *International Journal of Technology Management*, 22(7/8):629.
- K G, S., L, V., MD, B., R, S., and Magesh, A. (2025). A review on role of advances in computing in achieving sustainable development goals. *Recent Research Reviews Journal*, 3(2):468–481.
- Kiesow Cortez, E., Yakowitz Bambauer, J. R., and Guha, S. (2023). A quantum policy and ethics roadmap. *SSRN Electronic Journal*.
- Kop, M. (2023). Quantum-elspi: A novel field of research. *Digital Society*, 2(2).
- Krishnamurthy, V. (2022). Quantum technology and human rights: an agenda for collaboration. *Quantum Science and Technology*, 7(4):044003.

- Lee, J.-W. (2001). Education for technology readiness: Prospects for developing countries. *Journal of Human Development*, 2(1):115–151.
- López-Claros, A. (2011). *The Innovation for Development Report 2010–2011*. Palgrave Macmillan UK.
- Meyer, J. C. (2023). A holistic approach to quantum ethics education.
- Middleton, J. (1993). *Skills for Productivity: Vocational Education and Training in Developing Countries*.
- Mykytas, V. (2025). The role of artificial intelligence in economic transformation: From automation to the data economy. *Three Seas Economic Journal*, 6(2):66–73.
- Packard, T. G., Dutz, M. A., and Almeida, R. K. (2018). *The Jobs of Tomorrow: Technology, Productivity, and Prosperity in Latin America and the Caribbean*. Washington, DC: World Bank.
- Peterssen, G. (2020). Quantum technology impact: The necessary workforce for developing quantum software.
- Pohjola, M. (2001). *Information technology, productivity, and economic growth: international evidence and implications for economic development*.
- Possati, L. M. (2024). Quantum technologies: a hermeneutic technology assessment approach. *NanoEthics*, 18(1).
- Raja, S. and Christiaensen, L. (2017). The future of work requires more, not less technology in developing countries.
- Rosario, M. d. (2012). Ict in education policies and national development. In *Post-Secondary Education and Technology*, pages 17–38. Palgrave Macmillan US.
- Saleem, A. and Higuchi, K. (2014). Globalization and ict innovation policy: Absorption capacity in developing countries. In *16th International Conference on Advanced Communication Technology*, pages 409–417. Global IT Research Institute (GIRI).
- Schiff, M. and Wang, Y. (2010). *North-South Trade-Related Technology Diffusion: Virtuous Growth Cycles In Latin America*. World Bank.
- Seskir, Z. C., Umbrello, S., Coenen, C., and Vermaas, P. E. (2023). Democratization of quantum technologies. *Quantum Science and Technology*, 8(2):024005.
- Sharma, S. and Dutz, M. A. (2012). *Green Growth, Technology and Innovation*. World Bank.

- Sultana, F., Talpur, U., Iqbal, M. S., Ali, A., and Memon, K. H. (2024). The macroeconomic implications of automation and ai on labor markets and employment. *The Critical Review of Social Sciences Studies*, 2(2):497–507.
- Troyer, M., Benjamin, E. V., and Gevorkian, A. (2024). Quantum for good and the societal impact of quantum computing.
- Vermaas, P. E. (2017). The societal impact of the emerging quantum technologies: a renewed urgency to make quantum theory understandable. *Ethics and Information Technology*, 19(4):241–246.
- Wang, Y. and Song, X. (2020). Quantum science and quantum technology. *Statistical Science*, 35(1).
- Wheatley Research Consultancy (2024). Quantum shifts: The societal implications of quantum computing on security, privacy, and the economy.
- Wolbring, G. (2022). Auditing the 'social' of quantum technologies: A scoping review. *Societies*, 12(2):41.
- Zhuang, Y. (2025). The influence of artificial intelligence on labor markets. *SHS Web of Conferences*, 218:03030.