



# TRANSFORMA URUGUAY

Sistema Nacional de Transformación  
Productiva y Competitividad





## Hoja de Ruta

# CIENCIA DE DATOS Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO





## Contenido

Contenido.....	4
Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad.....	6
Hojas de ruta de Transforma Uruguay .....	8
Consideraciones previas .....	10
Justificación y tendencias a nivel mundial.....	11
Evolución y prospectiva a nivel mundial y posicionamiento de América Latina .....	11
<b>ASPECTOS CLAVES – DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES.....</b>	<b>12</b>
<b>Desafíos a la adopción.....</b>	<b>12</b>
<i>Adopción en el sistema productivo.....</i>	<i>13</i>
<i>Aplicación a dominios productivos y sociales .....</i>	<i>14</i>
Ciencia de datos y Aprendizaje automático en Uruguay .....	17
Innovación en el Sector Productivo nacional .....	18
Formación .....	21
Prioridades Estratégicas.....	24
Visión .....	25
Entorno habilitante .....	26
Aplicación a Sectores Estratégicos .....	27
Gobernanza.....	29
Acciones prioritarias y proyectos específicos .....	30
<b>Fortalecer la educación en STEM y computación orientada a CD/AA en educación primaria y media.....</b>	<b>30</b>
<b>Fortalecer la educación terciaria (técnica y profesional) y de posgrado en CD/AA .....</b>	<b>31</b>
<b>Promover la formación en CD/AA orientada hacia el sector productivo .....</b>	<b>33</b>
<b>Atracción de talentos y articulación con la diáspora calificada .....</b>	<b>35</b>
<b>Fortalecimiento de incentivo a la I+D+i en áreas de CD/AA .....</b>	<b>36</b>
<b>Desarrollo de un ambiente “abierto” de aceleración y prueba de soluciones de CD/AA.....</b>	<b>37</b>
<b>Acceso a repositorios de bases de datos para experimentación y nuevos desarrollos .....</b>	<b>38</b>
<b>Desarrollo del marco habilitante y desafíos éticos para la adopción de CD/AA .....</b>	<b>39</b>
<b>Fortalecer el intercambio con redes de expertos y centros de referencia internacional en CD/AA .....</b>	<b>41</b>
<b>Cooperación internacional como espacio para oportunidades en CD/AA .....</b>	<b>43</b>
<b>Promover la incorporación de soluciones de CD/AA por parte del sector productivo ...</b>	<b>44</b>

<b>Implementar un plan de trabajo en el sector público, incluyendo empresas públicas, para el uso de soluciones de CD/AA .....</b>	<b>46</b>
<b>Estrategias para la aplicación de la CD/AA en el desarrollo social del Uruguay .....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo I – Aportes recibidos para la identificación de necesidades para el desarrollo de CD/AA en Uruguay .....</b>	<b>50</b>
1. Formación.....	50
2. Gestión de datos .....	54
2.1. Datos colaborativos.....	54
2.2. Gobernanza y política de datos.....	55
2.3. Tratamiento de datos / ética.....	56
2.4. Licenciamiento de datos .....	57
2.5. Captura y registro de datos.....	57
3. Aplicación / implementación de Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático .....	57
<b>Anexo II – Relevamiento de acciones en curso vinculadas a las líneas de acción ....</b>	<b>61</b>
Educación y Formación .....	61
Atracción de Talentos.....	61
Investigación e Innovación .....	61
Articulación Internacional .....	62
Aplicación a Sectores Productivos.....	62
<b>Anexo III – Otros aportes a contemplar .....</b>	<b>63</b>



# Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad

El Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad -**Transforma Uruguay**- fue creado por la Ley N° 19.472 (diciembre de 2016) con la **finalidad** de promover el desarrollo económico productivo e innovador, con sustentabilidad, equidad social y equilibrio ambiental y territorial, incluyendo:

- El impulso de un proceso de transformación productiva orientado a la expansión de actividades innovadoras con mayores niveles de valor agregado y contenido tecnológico nacionales.
- La promoción de actividades con potencial de generar capacidades locales y de incorporarse en cadenas de valor, especialmente las nacionales y regionales.
- El apoyo al desarrollo de nuevas actividades y nuevos emprendimientos, así como a las actividades productivas que favorezcan las nuevas formas de propiedad y la economía social.
- La generación de condiciones para la mejora de la competitividad sistémica.
- La promoción de la demanda tecnológica del sector público como un factor de movilización de las capacidades nacionales de innovación y de estímulo a la competitividad empresarial.
- La orientación de la promoción de la radicación de inversiones extranjeras en el país para maximizar su contribución a los objetivos de la estrategia nacional de desarrollo productivo, con énfasis en los derrames en materia de tecnología, innovación, empleo de calidad y fortalecimiento de las capacidades nacionales.



No obstante, *Transforma Uruguay* no se limita de modo alguno a la participación de las instituciones públicas explícitamente identificadas. Por el contrario, la **amplia**

**participación de los actores interesados**, públicos y privados, tanto en el diseño como en la implementación de las actividades, es un principio esencial de la construcción de *Transforma Uruguay*. De acuerdo con la naturaleza de cada uno de los proyectos emprendidos, se suman las diferentes instituciones con competencia en la materia.

El Gabinete Ministerial de Transformación Productiva y Competitividad, órgano rector del Sistema, ha definido algunos **principios rectores** para el proceso de implementación y el funcionamiento de *Transforma Uruguay*, a saber:

- Focalización.
- Buenas prácticas en las políticas públicas.
- Especialización y articulación interinstitucional.
- Amplia participación de los interesados.
- Sistematizar, potenciar y completar.

Los objetivos y la amplitud del ámbito de aplicación hacen imprescindible la **focalización**, tanto en términos de objetivos de desarrollo como de sectores o actividades productivas, por al menos dos razones: por un lado, para potenciar el impacto en términos de esos objetivos, por otro, en la búsqueda de la mayor efectividad en un escenario de recursos limitados. En este marco, el Gabinete Ministerial de Transformación Productiva y Competitividad ha definido ocho sectores estratégicos para diseñar una hoja de ruta en conjunto con los principales actores involucrados: TIC, industrias creativas, servicios globales, turismo, biotecnología, sector alimentos, cadena forestal-madera y cadena farmacéutica.

En esencia, *Transforma Uruguay* es una forma de trabajar basada en la articulación, coordinación y cooperación entre actores públicos, entre actores privados y entre públicos y privados. La razón de ser de *Transforma Uruguay* es **agregar valor**, y en consecuencia, se pone el foco en aquellos proyectos en los cuales esa forma de trabajar es condición necesaria para su estructuración y buena ejecución.

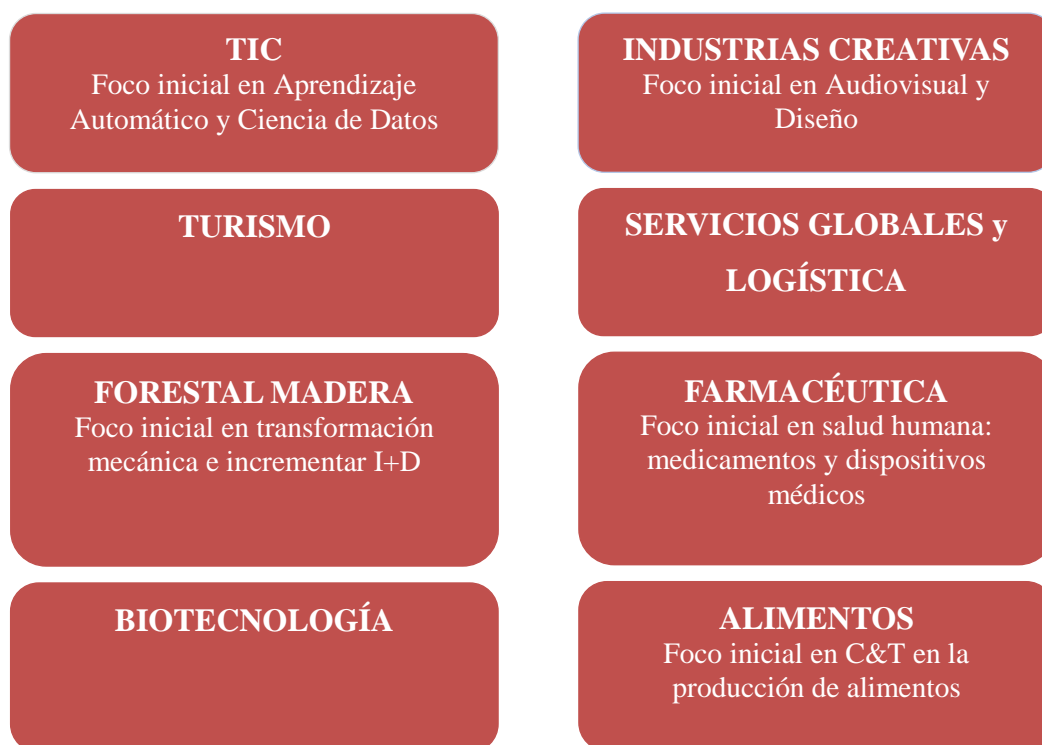






## Hojas de ruta de Transforma Uruguay

El Gabinete Ministerial de Transformación Productiva y Competitividad priorizó las actividades que conformarán el conjunto inicial de Hojas de Ruta, con focos específicos ya identificados al interior de algunas de ellas. Se trata de actividades de alto potencial para la transformación productiva, en línea con el objetivo principal de impulsarla vía la expansión de actividades innovadoras con mayor valor agregado y contenido tecnológico nacionales. En general, se relacionan con ventajas particulares con las que cuenta el país, ya sea porque derivan de su dotación de recursos naturales o porque corresponden a actividades que han tenido un desarrollo destacado a nivel de la región.



El objetivo común a todas las Hojas de Ruta es el de estructurar e instrumentar un conjunto articulado de proyectos concretos de corto y mediano plazo, que sean determinantes para el desarrollo competitivo e innovador de la actividad de que se trate.

El enfoque de las Hojas de Ruta parte de algunos lineamientos básicos:

- Cada Hoja de Ruta debe tener su propia gobernanza y ésta debe ser “suficiente” en el sentido de incluir a los actores públicos con cometidos sustantivos en relación con el sector, además de los privados que corresponda.
- El ámbito institucional en el que se desarrolla una Hoja de Ruta debe estar conformado por gobierno, trabajadores, empresarios y academia, con los énfasis particulares que pudieran corresponder en cada caso. Se trata de aprovechar ámbitos preexistentes, adecuándolos a las exigencias de contener una Hoja de Ruta, antes que crear nuevos.





- El punto de partida de cada Hoja de Ruta es la acumulación previa, en varios casos realizada bajo programas de conglomerados o en el curso de los trabajos en los Consejos Sectoriales o los Institutos Nacionales con foco sectorial.
- Una Hoja de Ruta está enfocada en identificar, estructurar y ejecutar proyectos concretos de corto y mediano plazo, y de hecho, hasta tanto no se cuente con ese conjunto articulado de proyectos, no se entenderá que se está en presencia de una Hoja de Ruta.
- La Hoja de ruta se estructura en proyectos para los cuales se establecen hitos, plazos, responsables y participantes, concentrándose en acciones de corto y mediano plazo. Se establecerá un proceso de revisión anual, de forma de prever el ajuste e incorporación de proyectos en los casos en que se entienda pertinente.

La construcción de la Hoja de Ruta en Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático fue liderada por el Ministerio de Industria, Energía y Minería en consulta a un grupo de expertos en la materia<sup>1</sup>.

Esta Hoja de Ruta visualiza a nuestro país como un referente para el año 2030 en la aplicación de soluciones de CD/AA en sectores estratégicos, y a empresas del sector TIC de Uruguay como sus generadoras. Para alcanzar este propósito se identificaron varias líneas estratégicas de trabajo, con su objetivo, líneas de acción y proyectos concretos, agrupadas en dos grandes dimensiones: 1) aspectos que facilitarían un entorno habilitante para desarrollos vinculados a CD/AA, y 2) oportunidades para su aplicación a sectores estratégicos nacionales.

Para generar un entorno habilitante se destaca la necesidad de mejorar la educación y formación asociada a las áreas de Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático, impulsar la atracción de talentos a nuestro país, promover en mayor medida las capacidades de investigación e innovación, actualizar la reglamentación existente para clarificar las posibilidades de actuación e impulsar los espacios de articulación internacional que permitan posicionar a Uruguay en la discusión y agenda regional y global en torno a CD/AA. Asimismo, se identifican capacidades y oportunidades para aplicar Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático en áreas de relevancia y dinamismo claves a nivel nacional, tanto en el sector productivo, social, como en el Estado.

---

<sup>1</sup> Javier Barreiro (AGESIC); Gustavo Crespi (BID); Carlos Fournier (ANCAP); Diego Garat (FING - Udelar); Sebastián García (Idatha); Ignacio Horvath (ANCAP); Matías Jackson; Federico Lecumberry (FING - Udelar); Leonardo Loureiro (Quanam - CUTI); Benjamín Machín (Idatha); Fabrizio Scrollini (Open Data Latin American Initiative – ILDA).



## Consideraciones previas

La **Ciencia de Datos (CD)** se define como la disciplina que busca extraer conocimiento, de forma sistemática y computacionalmente eficiente, a partir de los datos de un dominio. Para ello utiliza principalmente métodos y técnicas matemáticas, estadísticas (modelos probabilistas y estadísticos, aprendizaje estadístico) y computacionales (programación, aprendizaje automático, modelado de datos).

Las principales actividades de la CD son<sup>2</sup>:

- la exploración y preparación de los datos;
- representación y transformación de los datos (estos son organizados de acuerdo con un modelo que permita su análisis y explotación de forma computacionalmente eficiente);
- modelado y computación (aplicación de algoritmos para la extracción de conocimiento a partir de los datos);
- visualización y presentación de los datos para permitir una primera aproximación a su análisis o el destaque de algunas características relevantes.

Si bien ninguno de los modelos ni métodos utilizados en la CD es nuevo, la multiplicación de los datos disponibles, la capacidad de cómputo para procesarlos y la mejora constante en los métodos utilizados hacen necesario una aproximación sistemática, que combine conocimientos de diferentes ramas y construya una metodología consistente que los articule.

En este sentido, ha sido de particular importancia el avance en una subárea de la Inteligencia Artificial (IA), el **Aprendizaje Automático (AA)**, definida como la rama que estudia los programas o agentes que aprenden, es decir que mejoran su performance en una tarea a partir de la experiencia<sup>3</sup>. Esta definición incluye diferentes formas de aprendizaje (supervisado, no supervisado, por refuerzos, entre otros), así como muy diferentes modelos computacionales (redes neuronales artificiales, árboles de decisión, aprendizaje estadístico). Cuando se habla hoy de Inteligencia Artificial, prácticamente en todos los casos nos referimos en particular al Aprendizaje Automático en una de sus variantes o modelos. Es por eso que constituye hoy el núcleo de la CD, ya que usualmente la "experiencia" surge a partir de datos disponibles o generados.

En este trabajo utilizaremos el término CD para referirnos a la disciplina de la Ciencia de Datos en general, mientras que utilizaremos el término Aprendizaje Automático para el aspecto más importante de la IA: el aprendizaje a partir de la experiencia.

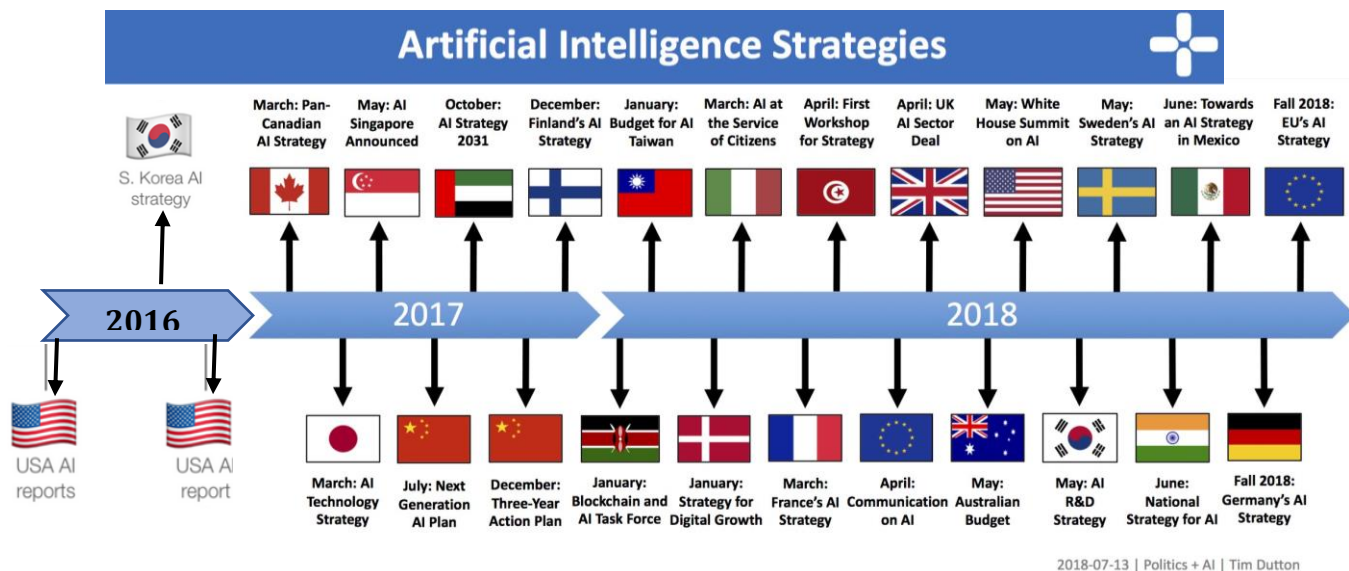
---

<sup>2</sup> David Donoho (2015): "[50 years of data science](#)". Based on a presentation at the Tukey Centennial workshop, Princeton NJ Sept 18 2015

<sup>3</sup> "Machine Learning", Tom Mitchell, 1997.

## Justificación y tendencias a nivel mundial

En los últimos años los avances en Inteligencia Artificial impulsaron a que cada vez más países inicien planes y estrategias nacionales para su desarrollo.



**Ilustración 1**

Fuente: Dutton, T. (28/06/2018): “[An Overview of National AI Strategies](#)” Politics + AI.

Es así que recién a partir del año 2016 ha comenzado internacionalmente a darse definiciones políticas en esta área priorizando acciones hacia el fortalecimiento del ecosistema vinculado a la Inteligencia Artificial, la generación de capacidades, la contemplación de aspectos éticos y de seguridad, la actualización y adaptación de los marcos regulatorios, el desarrollo de la infraestructura necesaria, la investigación y desarrollo y la generación de incentivos de aplicación de esta tecnología a distintas áreas.<sup>4</sup>

También se han desarrollado experiencias específicas orientadas al diseño de una política de datos por parte de algunos países.<sup>5</sup>

### Evolución y prospectiva a nivel mundial y posicionamiento de América Latina

De acuerdo con algunas estimaciones<sup>6</sup> la IA podría contribuir significativamente en el PBI de la economía global hacia el 2030, a través de un aumento en la productividad y

<sup>4</sup> Una lista de todas las iniciativas a nivel mundial de países y organizaciones puede encontrarse en: <http://www.oecd.org/going-digital/ai/initiatives-worldwide/>

<sup>5</sup> Cabe señalar el trabajo desarrollado por la estrategia de datos abiertos impulsada por Estados Unidos y la Unión Europea. En particular el trabajo: “[COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT on the free flow of data and emerging issues of the European data economy](#)”



efectos sobre el consumo. Las economías que tienen el mayor potencial de beneficiarse del impacto son China y América del Norte, seguidas de aquellas de Europa y Asia. Se prevé para América Latina un incremento bastante más modesto producto de tasas de adopción mucho menores.

La expansión y capacidad de apropiación de la CD se ha dado en los últimos años producto de cambios y avances en ciertas áreas del conocimiento. En primer lugar, se ha dado una verdadera revolución en la capacidad de aprovechamiento de datos. Las transformaciones digitales con la generación de plataformas, dispositivos, medios de conexión, etc. han incrementado la cantidad de datos disponibles; la capacidad de almacenamiento también ha crecido al tiempo que han disminuido los costos asociados. Esto ha venido acompañado de avances significativos en las capacidades técnicas de análisis y procesamiento de la información.

De acuerdo con International Data Corporation, se prevé un crecimiento sostenido en los ingresos mundiales por análisis de datos. El año 2017 registró un incremento estimado de los ingresos alrededor del mundo del 12,4% frente al 2016, y se estima continúen con una tasa de crecimiento anual estimada de 11,9% hasta 2020.<sup>7 8</sup>

## ASPECTOS CLAVES – DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

### Desafíos a la adopción

La velocidad en que se está adoptando el análisis de datos en los negocios es lenta y aún más la inversión de las empresas en AA, a excepción de aquellas líderes y a la vanguardia de los cambios tecnológicos. Existe una disparidad entre las expectativas y la adopción de estas tecnologías.

A nivel mundial se han evaluado algunos aspectos que desafían las posibilidades de adopción de CD/AA y tendencias a considerar para el desarrollo de estas tecnologías:<sup>9</sup>  
10 11

#### *Sistematización de estándares y técnicas de evaluación*

La necesidad de avanzar en el desarrollo de métodos y tecnologías de CD/AA y su adopción por parte de la comunidad internacional, pasa en buena medida por la adopción y sistematización de estándares y técnicas de evaluación. Estos estándares deberán ser suficientemente flexibles como para poder ser adaptados a la rápida evolución que muestran estas tecnologías.

---

<sup>6</sup> PWC (2017): *Sizing the prize. PwC's Global Artificial Intelligence Study*

<sup>7</sup> <http://ecsnamagazine.arrow.com/big-data-market-to-climb-to-210-billion-by-2020/>

<sup>8</sup> <https://www.statista.com/statistics/551501/worldwide-big-data-business-analytics-revenue/>

<sup>9</sup> National Science and Technology Council, Networking and Information Technology Research and Development Subcommittee (2016): "THE NATIONAL AI RESEARCH & DEVELOPMENT STRATEGIC PLAN".

<sup>10</sup> Barbara J. Grosz et. Al. (2016): "ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LIFE IN 2030 – ONE HUNDRED YEAR STUDY (Report of the 2015 Study Panel)", Stanford University.

<sup>11</sup> China's State Council (2017): "A NEXT GENERATION ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT PLAN".



### *Confiabilidad (seguridad)*

Es una característica indispensable requerida, que los sistemas basados en tecnologías de CD/AA hayan mostrado un funcionamiento confiable y seguro en ambientes controlados, a manera de *testing*, en especial, aquellos que se basan en una mayor interacción de las tecnologías con los seres humanos.

### *Consideraciones éticas y legales*

El desarrollo de nuevas tecnologías debe venir acompañado de un marco ético. Es dable esperar que dicho marco requerirá poder ser aplicado a tecnologías de AA que actúan de forma autónoma. También será necesario entender las consecuencias sociales.

### *Privacidad*

Garantizar la privacidad de los datos personales es uno de los grandes desafíos que enfrenta la sociedad. Los avances en CD conllevan el riesgo de la exposición de datos personales, y lo que es peor aún, el de la utilización de dichos datos para la comisión de delitos. Ya existen experiencias de regulaciones que han encarado algunos países, en particular de la Comunidad Europea, pero analizando la realidad desde un punto de vista global, la situación está lejos de estar debidamente regulada. En la medida que son muchos los actores que buscan mejorar el aspecto de la seguridad y privacidad de los datos, es dable esperar un efecto de contagio, en el que lo mejor de las distintas soluciones se comparta, en el entorno de una demanda cada vez más exigente por parte de los usuarios.

### *Accesibilidad a la tecnología. Datos, software y hardware*

La integridad y disponibilidad de los sistemas de CD/AA sólo será una realidad si se asegura el acceso de los sistemas a las bases de datos adecuadas y a bibliotecas de software y herramientas de código abierto. Este aspecto tiene un capítulo de particular importancia para las etapas de entrenamiento y *testing*. Bases de datos ricas en calidad permitirán asegurar sistemas confiables y seguros en producción. En lo que respecta al hardware, parece ser un hecho el desarrollo de soluciones específicas para acelerar cálculos típicos de métodos de AA.

### *Organización (Gobernanza)*

Se deberán generar estructuras de gobernanza efectivas que tengan la capacidad de supervisar y evaluar de forma permanente los principales dominios que se puedan ver afectados, con la potestad de detectar y actuar ante situaciones no deseadas.

### *Adopción en el sistema productivo*

Existen algunos desafíos para la adopción de CD/AA por parte del sistema productivo:

- La dificultad en definir una visión y una estrategia de para qué usar estas tecnologías como potencial de negocio.



- La falta de infraestructura adecuada: todavía existen grandes diferencias en la capacidad de incorporación tecnológica según el sector de actividad, tamaño y región en que se localizan las empresas. Además, aun en aquellas empresas con importante nivel de digitalización, hay dificultades en la capacidad de articular los componentes existentes con los de CD/AA. Esto define nuevas dimensiones de inclusión/exclusión en la economía digital.

- La dificultad de diseñar y disponer de una estructura organizacional apropiada para soportar y dinamizar un funcionamiento en base a la generación y análisis de datos. En algunos sectores de actividad, existen problemas de incentivos a la adopción de estos cambios (ej. en la salud los pacientes priorizan el intercambio humano en la asistencia).

- Las consecuencias sobre la fuerza laboral:

1) Por la dificultad en atraer y retener a los talentos adecuados, Los “Especialistas en datos” son roles muy relevantes y necesarios. Los denominados “Traductores” también constituyen figuras claves entre el analista de datos y las necesidades de la empresa. Requieren conocimiento de la gestión organizacional y del funcionamiento de la industria en cuestión. La visualización de los datos es otra tarea que se torna crítica para que la información sea presentada adecuadamente a los tomadores de decisiones.

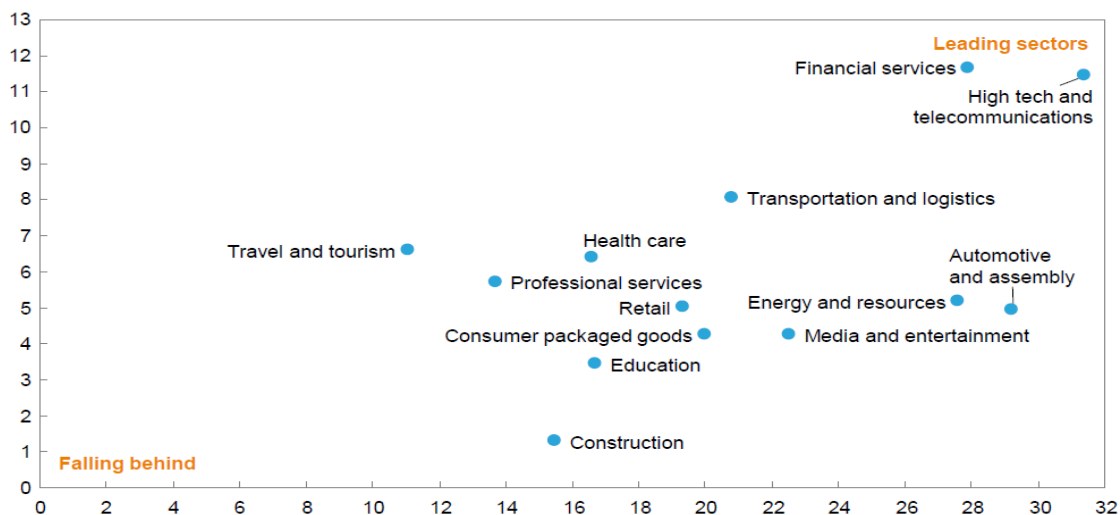
2) Por el riesgo que estos desarrollos pueden generar de sustitución de su fuente de trabajo y necesidad de recalificación o reposicionamiento de mano de obra.<sup>12 13 14 15</sup>

### Aplicación a dominios productivos y sociales

El potencial de aplicación de CD/AA a diversos ámbitos económicos y sociales es amplio y cada vez mayor, aunque su avance no es igual en todos ellos.

**Future AI demand trajectory<sup>1</sup>**

Average estimated % change in AI spending, next 3 years, weighted by firm size<sup>2</sup>



<sup>12</sup> McKinsey Global Institute (2016): “The Age of Analytics: competing in a data-driven world.” McKinsey & Company

<sup>13</sup> Ransbotham, S. et. al. (2017): “Reshaping business with Artificial Intelligence”. MIT Sloan Management Review

European Commission (2017): “Harnessing the economic benefits of Artificial Intelligence”. European Commission Digital Transformation Monitor: “Artificial Intelligence. The next digital Frontier?” Discussion Paper

McKinsey & Company, Pág. 19  
 OPP (2017): “Automatización y empleo en Uruguay. Una mirada en perspectiva y prospectiva.” Hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050 Serie de divulgación - Volumen II Dirección de Planificación – OPP. Montevideo, Uruguay.



Más allá de esta trayectoria diferencial, hay ciertas áreas en que la CD/AA pueden tener gran impacto por su potencial de liberar tiempo, mejorar la calidad y posibilidad de personalizar el servicio. Algunas se detallan a continuación:

### *Áreas de impacto económico*

- **Industria manufacturera:** Los avances tecnológicos están llevando a una reorganización de los medios de producción, generando una reingeniería de las cadenas de producción, incorporando predictibilidad y flexibilidad.
- **FinTech:** Las nuevas tecnologías y el análisis de datos ya forman parte y son un complemento de los sistemas financieros tradicionales y la forma en como éstos se relacionan con sus clientes. Ha aumentado la capacidad de detección temprana de riesgos financieros y del uso de los sistemas financieros para la realización de operaciones fraudulentas o sospechosas de blanqueo de capitales. El sector de las compañías de seguros tradicionales también se ha visto afectado por la irrupción de las nuevas tecnologías.
- **Marketing:** Es una de las áreas en las que las tecnologías vinculadas a CD/AA han alcanzado un mayor impacto, especialmente a nivel del consumo masivo. Se han desarrollado técnicas en las que como resultado del análisis del historial de compras o búsquedas por parte de un cliente llevan a la oferta de los productos que mejor se adaptan al perfil del usuario, inclusive anticipándose a sus necesidades.
- **Comercio:** Dos de las principales áreas en las que la CD/AA pueden generar mayor impacto en la gestión comercial de las empresas son la mejora continua de procesos y la toma de decisiones, esta última basada en información cada vez más accesible, exacta y precisa, adecuadamente gestionada.
- **Logística:** La efectividad en la gestión de la cadena de distribución es una de las áreas de más fuerte impacto. Los distintos participantes de dicha cadena pueden encontrar en la CD/AA herramientas para una gestión más efectiva y robusta.
- **Agricultura:** Los sistemas de CD/AA pueden generar un fuerte impacto en la cadena de producción agropecuaria en todas las etapas: producción, procesamiento, almacenamiento, distribución y consumo. La introducción del análisis predictivo expresado, por ejemplo, a través del uso racional de insumos impulsa el desarrollo de un mayor grado de sustentabilidad en la producción agropecuaria y de una agricultura de precisión. La tecnología aplicada a la gestión del riego, la adecuación de la temperatura y humedad ambiente y la dosificación en el uso de fertilizantes son sólo algunos ejemplos de sistemas que aceleran la capacidad de la producción agropecuaria, y reducen la incertidumbre asociada a la producción tradicional.

### *Áreas de impacto social*

- **Salud/Medicina:** Los sistemas de CD/AA pueden influir en la gestión de la salud, tanto de individuos como sociedades. A nivel individual, estudios genéticos de gran escala pueden llegar a predecir posibles riesgos. El análisis de datos permitirá el tratamiento personalizado a la hora de definir una medicación o un tratamiento. A nivel





social, estudios de diferentes factores de riesgos, extendidos en el tiempo, pueden llegar a influenciar en la definición de políticas públicas tanto para la sociedad toda como para determinados grupos de riesgo.

- **Transporte:** Una primera área de referencia se puede concentrar en el impacto que los sistemas de CD/AA tienen en la gestión de la infraestructura vinculada al transporte. El análisis de datos puede derivar en diagnósticos de durabilidad respecto del material de las estructuras y su confiabilidad, con el impacto consecuente para la seguridad de los usuarios y la gestión de costos asociados a reparaciones. Una segunda aproximación es a la CD/AA aplicada a la circulación vehicular: reducción en los tiempos de circulación y del combustible utilizado, y la consecuente reducción en los costos del transporte y en los niveles de contaminación. Finalmente, quizás la aplicación más novedosa y de fuerte repercusión mediática, es la conducción con diversos grados de autonomía, con el horizonte ya próximo de una conducción 100% automatizada.

- **Impacto urbano:** Además del transporte y el tránsito, la CD/AA puede influir en muchas otras dimensiones de gran relevancia para la gestión de la infraestructura de las ciudades: soluciones de gestión de residuos, sistemas de información a los ciudadanos y soluciones de análisis de datos para una mejor gestión operativa de los recursos y servicios son algunas otras áreas de impacto.

- **Seguridad:** En esta temática, se pueden contemplar dos grandes áreas de acción: la seguridad a nivel personal y/o de empresas, y la seguridad como interés de Estado. La disponibilidad de sistemas de CD/AA pueden habilitar a una mejor utilización de los recursos de vigilancia y prevención del delito, tornándolos más efectivos. A nivel de seguridad como interés de Estado, la disponibilidad de grandes volúmenes de información de inteligencia puede identificar situaciones potencialmente dañinas para la sociedad en su conjunto.

- **Entretenimiento:** El surgimiento de las redes sociales en conjunto con la tecnología disponible en los teléfonos inteligentes ya han introducido cambios importantes en la forma en cómo las personas se entretienen e interactúan, en un esquema de entretenimiento interactivo y personalizado según los intereses de cada usuario.





## Ciencia de datos y Aprendizaje automático en Uruguay

Nuestro país cuenta con algunos atributos favorables para el desarrollo de CD/AA, los que se describen a continuación.

En términos de **infraestructura de telecomunicaciones** el país se ubica en los primeros lugares en América Latina. Desde el año 2011 se ha impulsado el despliegue de conexión de Internet por **Fibra óptica al hogar** (FTTH por sus siglas en inglés). Para inicios de 2017 se contaba con un 70% del territorio cubierto, esperando alcanzar el 100% en 2022. Asimismo, Uruguay continúa como líder en América Latina en adopción de LTE, con una penetración de 79,6% de esta tecnología en el mercado. También nuestro país ocupa el sexto lugar a nivel mundial en adopción del protocolo IPv6<sup>16</sup>. Uruguay además encabeza en 2018 el índice de precios más bajos de banda ancha fija del mundo según la UIT<sup>17</sup>. En el marco de la Medición de la Sociedad de la Información (MSI), elaborado por la UIT, Uruguay ocupa al 2017, por séptimo año consecutivo, la primera posición entre los países latinoamericanos<sup>18</sup>.

En el año 2017, se complementan los servicios a partir de la instalación del nuevo **cable submarino de fibra óptica** que une Uruguay con Brasil y directamente con Estados Unidos.

Desde 2018 se dispone a nivel nacional de infraestructura de alto desempeño conformada por componentes de hardware capaces de procesar datos y operaciones complejas (**Cluster UY, Centro Nacional de Supercomputación**). Sus servicios son accesibles para investigadores, científicos y técnicos de todo el país. El Centro proporciona el mayor poder de cómputo disponible a nivel nacional y se posiciona competitivamente con infraestructuras similares existentes en Latinoamérica.

La **Agenda Digital Uruguay**, en su tercera edición 2018-2020, incorpora por primera vez compromisos en diversas áreas hacia el desarrollo de una infraestructura y reservorio de datos para su análisis inteligente e interoperable, en particular asociados al avance del gobierno digital.

La **adopción de tecnología entre la población** es bastante extendida a todos los sectores sociales. Entre los países de América Latina y el Caribe, Uruguay es el país con mayor igualdad en el acceso a Internet.<sup>19</sup>

Además, la **escala del país** ofrece al tejido empresarial grandes oportunidades para la implementación y evaluación de soluciones.

---

<sup>16</sup> Según el ranking <https://www.aelius.com/njh/google-ipv6/>

<sup>17</sup> <https://www.presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/ranking-uti-lista-paises-servicios-telecomunicaciones-banda-ancha>

<sup>19</sup> CEPAL (2017): “Estado de la Banda Ancha en América Latina y el Caribe”. Naciones Unidas, Santiago.



Según la edición 2016 del Barómetro mundial de **Datos Abiertos**<sup>20</sup>, que rankea los gobiernos por su publicación de datos abiertos, implementación de programas para su generación e impacto de estos en la política, la economía y la sociedad civil, Uruguay se ubica segundo en América Latina y el Caribe después de México y en el puesto 17 a nivel mundial.

El compromiso país por la generación de estos datos y su facilidad de acceso y reutilización por parte de los actores sociales habilita el desarrollo de acciones vinculadas al Aprendizaje Automático y la aplicación de Ciencia de Datos.

### Programas específicos de apoyo vinculados a CD/AA

Actualmente Uruguay cuenta con las siguientes herramientas de apoyo:

**Fondo sectorial a partir de datos:** Desarrollado por MIEM y ANII junto a ANTEL, ANCAP, Agesic, UTE y Latitud, está dirigido al financiamiento de proyectos de investigación orientados a la generación de conocimiento aplicado a partir de la explotación de datos nacionales disponibles.

**Fondo de coinversión Infocorp Ventures y ANII:** Otorga fondos para participar en la inversión de startups de Inteligencia Artificial y Fintech.

**DataCamp:** jornadas de conferencias y talleres organizadas por AGESIC para promover el intercambio de conocimiento y un mejor uso de Datos Abiertos.

**IA-KATON:** evento de Inteligencia Artificial (IA) organizado por Agesic para generar, definir y desarrollar proyectos que mejoren los servicios del Estado apoyados en esta área.

### Innovación en el Sector Productivo nacional

Las posibilidades de despliegue e incorporación de CD/AA en las empresas de nuestro país se ven condicionadas por las capacidades ya instaladas de desarrollo digital e innovación, que son muy heterogéneas.

El sector productivo evidencia una debilidad en la demanda de conocimiento e innovación que repercute en sus posibilidades de ganar competitividad a escala internacional y de adoptar en general nuevos formatos tecnológicos. Según datos relevados para el período 2013-2015, son pocas las empresas que realizan al menos alguna actividad de innovación en Uruguay; un 31% en la industria manufacturera y 25% en servicios seleccionados. La principal estrategia de innovación es la compra de bienes de capital (10% de las empresas de servicios y un 22% de las industrias manufactureras). Teniendo en cuenta otros tipos de innovación, sólo un 13% de las empresas realizan adquisición de TIC, un 2% transferencias de tecnología, aproximadamente un 8% I+D interna y un 2% I+D externa. Dentro de la industria manufacturera las principales actividades de innovación se concentran en el sector de “alimentos, bebidas y tabaco”. Entre los servicios la innovación se da mayormente en el “transporte y actividades relacionadas” y “otros servicios” y en menor medida en áreas de “servicios financieros”, “actividades relacionadas con la salud humana” y “telecomunicaciones, TIC y Servicios informáticos”.

---

<sup>20</sup> <https://www.uypress.net/auc.aspx?77461>

A nivel nacional para el año 2015 la mayor proporción de inversión en I+D está a cargo de la educación superior que representa un 59%, 29% por el gobierno y sólo un 5% por empresas públicas y privadas.

### Desarrollo en sectores verticales

El despliegue digital en el **Sector Educativo**, extensivo a través de ANEP y del Plan Ceibal, ha facilitado la generación de grandes volúmenes de datos sobre el acceso que se tiene a la infraestructura desplegada en el territorio nacional, el uso que se hace de las plataformas y contenidos educativos y el monitoreo y evaluación de los procesos de aprendizaje, entre otros. Es por esto que constituye un área de gran potencial para el uso de CD/AA como soporte a la toma de decisiones estratégicas respecto a programas pedagógicos, sobre la eficacia de la tecnología en el apoyo a la enseñanza y para desarrollar formatos personalizados y en tiempo real de retroalimentación con los estudiantes que optimicen los procesos de aprendizaje.<sup>21 22</sup>

De acuerdo con estudios desarrollados por la OPP y el Centro Tecnológico ICT4V de aplicación de TIC en Verticales<sup>23</sup>, se pueden destacar diversas áreas con potencial para el desarrollo de CD/AA:

El **Sector Agropecuario** ha registrado grandes avances en el desarrollo TIC a nivel nacional y generación de datos con potencial valor económico. No obstante, algunos desafíos se presentan frente a los altos costos de la creación de software o aplicaciones, asociados a la reducida cantidad de usuarios finales en el país, y de forma similar ante la generación de sensores y hardware dado el número de potenciales clientes en el país que hacen más conveniente (referido a precios), importar de USA.

Si bien algunos datos están unificados como en el Sistema Nacional de Información Agropecuaria (SNIA), todavía existe una alta fragmentación de fuentes de información. Actualmente si bien algunos datos son públicos, otros son propiedad de cada productor y el organismo público su custodio, por lo cual no pueden difundirse. Esto identifica una tensión entre la propiedad intelectual y protección de datos personales y el compartir información para el impulso de un bien colectivo para el agro. Asimismo, se evidencia que muchos datos generados son usados para la mejora de la gestión interna de las instituciones que los recolectan, sin el correspondiente foco en el usuario y en que la información vuelva al productor.<sup>24</sup>

<sup>21</sup> Fuente: Plan Ceibal (2015): “Plan Ceibal on the Big Data Runway”. Presentación en “The 20th Iberoamerican Congress on Pattern Recognition (CIARP 2015)”

<sup>22</sup> Ver también: Aguerrebere, C. et al. (2017): “Strategies for Data and Learning Analytics Informed National Education Policies: the Case of Uruguay”. LAK '17, March 13 - 17, 2017, Vancouver, BC, Canada

<sup>23</sup> ICT4V (2017): “Estudio prospectivo al año 2050: TIC y verticales. Fase 1: estado de situación.” (Inédito) y OPP & ICT4V (2017): “Estudio prospectivo al año 2050: TIC y verticales. Notas del Workshop con expertos”. (Inédito) y OPP & ICT4V (2017): “Estudio prospectivo al año 2050: TIC y verticales. Fase 1: estado de situación.” (Inédito) y OPP & ICT4V (2017): “Estudio prospectivo al año 2050: TIC y verticales. Notas del Workshop con expertos”. (Inédito)

<sup>24</sup> Berterretche, M. (2017): Estudio prospectivo al año 2050: TIC y verticales. Fase 1: estado de situación. Vertical Agro-Forestal y Alimentos. OPP - ICT4V – Uruguay. (Inédito)





Se identifica que en el **Sector Financiero** existe un avance importante, sobre todo en la incorporación de Análisis de Datos. Las principales aplicaciones están vinculadas a la resolución de problemáticas comerciales y de gestión de riesgo del crédito (ej. segmentación de clientes, calificación del riesgo, ventas cruzadas y modelos de probabilidad de fuga de clientes). No obstante, aún no se ha extendido este tipo de análisis para optimizar la gestión operativa, ni tampoco para la gestión de otros tipos de riesgo, tales como el de lavado de activos.<sup>25</sup>

En el **Sector Energético** se puede encontrar una subárea asociada a la electricidad y otra a los combustibles. Mientras que esta última es asimilable a una cadena industrial más clásica, la primera parece más adecuada para aprovechar en el corto plazo una combinación de Internet de las Cosas, Análisis de Datos y Aprendizaje Automático. Por ejemplo, las Redes inteligentes suponen cambios importantes en el negocio eléctrico, que pasa de un paradigma generación-transmisión-distribución a uno más complejo en que cambia la relación con los clientes y generadores. La red ocupará un rol articulador de un universo numeroso de “prosumidores”, complementado con grandes generadores que aseguran el suministro. Implica cambios al interior de la red afectando las funciones de planificación, despacho y gestión de la energía, supervisión y control de la red y el modelo de negocio de servicios ofrecidos en base a la “electricidad”.

En el **Sector Salud** existe un gran potencial de uso de datos clínicos para el desarrollo de medicina analítica, evaluación epidemiológica, entre otras áreas. En Uruguay el avance hacia la implementación de la Plataforma de Historia Clínica Electrónica Nacional (HCEN) constituye un espacio de posible desarrollo para la CD y AA, la cual de forma centralizada orquesta y audita el intercambio seguro y controlado de información clínica para fines asistenciales, que permanece guardada en cada institución que la generó.<sup>26</sup>

El nivel de adopción de las TIC entre las instituciones de salud ha sido heterogéneo, asociado más desde el inicio a la gestión de tareas administrativas que al monitoreo de la salud de pacientes o análisis epidemiológico. Falta fomentar la reutilización de la información e ir más allá del punto de vista del prestador de salud para enfocarse en el paciente. Por su parte, el Ministerio de Salud Pública cuenta con datos muy fragmentados y están abocados a la centralización de la información y la utilización de los datos.

Además de los aspectos señalados, se requiere que el desarrollo tecnológico esté acompañado de un marco jurídico sólido. En este sentido, por ejemplo, hay intereses en la generación de biobancos de análisis y ensayos clínicos que tienen gran potencial innovador y económico, pero faltan avances en nuestro país que faciliten el consentimiento informado del paciente y su sensibilización al respecto, así como, el establecimiento de los comités de ética necesarios.

Hay algunos desafíos presentes en el Sistema Nacional de Salud en los que la CD/AA pueden aportar: contar con sistemas interconectados y algoritmos que realicen minería de datos y generen información analítica en salud para la toma de decisiones y mejora de la calidad de la asistencia basados en la última evidencia actual. Disponer además de

---

<sup>25</sup> Sanguinetti, A. (2017): Estudio prospectivo al año 2050: TIC y verticales. Fase 1: estado de situación. Vertical Banca y Finanzas. OPP - ICT4V – Uruguay. (Inédito)

<sup>26</sup> Ver también: <https://www.agesic.gub.uy/innovaportal/file/4636/1/memoria-anual-2016.pdf>



sistemas de vigilancia online de enfermedades infecciosas y la generación de sistemas de información que permitan prevenir y distribuir mejor los recursos.<sup>27</sup>

En el **Sector Transporte**, Uruguay en los últimos años ha llevado adelante importantes avances en distintas áreas. Entre estos se pueden destacar, en materia de movilidad, el Centro de Gestión de Movilidad de Montevideo y el Sistema de Transporte Metropolitano (STM). En el transporte de carga, las innovaciones se han dado a través del Sistema de Monitoreo y control de las estaciones de pesaje de vehículos pesados en las rutas nacionales, el Sistema de Información de Carga del Transporte Terrestre y el Control automático de accesos al Puerto, entre otros. El volumen de información generado por estos diferentes servicios ya está siendo utilizado, en especial el STM, y ofrece muchas oportunidades para el desarrollo de actividades vinculadas a la ciencia de datos.<sup>28</sup>

## Formación

De acuerdo con la CEPAL (2018: 99)<sup>29</sup>, es posible distinguir entre tecnologías digitales maduras y de avanzada. Esta distinción se basa en su situación en el proceso de adopción masiva en la estructura productiva. Las primeras incluyen la banda ancha, la informática de gestión y las telecomunicaciones móviles; mientras que entre las segundas se cuentan la robótica, Inteligencia Artificial, computación en la nube, Internet de las Cosas, impresión 3D y sensores inteligentes. Por ello, al realizar un diagnóstico de la situación de la formación técnica y profesional es importante considerar la existencia de carreras especializadas destinadas a la formación en tecnologías avanzadas y cuantificarlas.

En Uruguay se identificaban 101 cursos relacionados con tecnologías avanzadas (robótica, la Inteligencia Artificial, la computación en la nube, el Internet de las Cosas, la impresión 3D y los sensores inteligentes). La oferta de formación en tecnologías digitales de avanzada se concentra en igual medida en robótica y control, y grandes datos, mientras que es mucho menor en lo que respecta a Inteligencia Artificial.

	Número de cursos			Número de títulos <sup>a</sup>		
	Robótica y control	Inteligencia artificial y aprendizaje de máquina	Grandes datos y analítica	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado, diplomatura y tecnicatura
20 universidades mejor posicionadas en la clasificación	28	24	32	3	11	52
Otras universidades	8	5	4	0	0	15
Total	36	29	36	3	11	67
Total por millón de habitantes	10,45	8,42	10,45	0,87	3,19	19,45

**Ilustración 13 – Uruguay: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales.**

**Fuente:** *ibid.* pág. 105

En general, al igual que en otros países, la oferta se concentra en cursos aislados dictados en el marco de programas genéricos de ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones o vinculados con el análisis de sistemas. La oferta de programas enfocados en algunas de las tecnologías avanzadas se limita a unas pocas universidades.

<sup>28</sup> Rivas, E. (2017): Estudio prospectivo al año 2050: TIC y verticales. Fase 1: estado de situación. Vertical Transporte. OPP - ICT4V – Uruguay. (Inédito)



La Universidad de la República concentra más del 80% de la oferta de cursos, todos los programas de doctorado y la mayor parte de la oferta de maestrías en las disciplinas consideradas.

### Oferta educativa terciaria nacional vinculada a Ciencia de datos y Aprendizaje Automático

Actualmente la oferta académica existente se compone de:

- Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República:
  - [Maestría en Sistemas de Información y Tecnologías de Gestión de Datos](#): (2014, 2 años de duración) Contempla entre otras áreas las de Estructuras de Datos y Algoritmos / Inteligencia Artificial.
  - Diploma de Especialización y Maestría profesional en Ciencia de Datos: (2019, 18 meses de duración). Cubre las áreas temáticas de Aprendizaje Automático, Probabilidad y Estadística, Modelado y Procesamiento de grandes volúmenes de datos y Técnicas avanzadas de Análisis de Datos.
  - Reforma de los planes de estudio de las carreras [Licenciado en Computación](#) (2012, 4 años de duración) e [Ingeniería en Computación](#) (1997, 5 años de duración). Se propone agregar mayor contenido en nociones de Probabilidad, Estadística, Aprendizaje Automático y Ciencias Experimentales.
- Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de la República:
  - Propuesta de desarrollo de una [Licenciatura en Administración de Sistemas de Información](#), con el objetivo de formar profesionales con sólidos conocimientos en sistemas de información, ciencias de la computación y ciencias de la administración.
- Facultad de Ciencias – Centro Académico de Análisis de Big Data (CABIDA) y ICT4V:
  - [Maestría en Matemática orientación “Data Science”](#) que contempla: Métodos de aprendizaje no supervisado - Clustering; Aprendizaje supervisado y semi-supervisado - Learning; Probabilidad y estadística en espacios de alta dimensión - High dimensional data; Métodos de optimización para problemas complejos; Taller de estadística multivariada con R; Taller de programación en un cluster.
- Universidad Tecnológica del Uruguay (UTEC):
  - [Diplomatura en Ciencia de Datos](#): (2019, más de 1 año de duración). En conjunto con MIT y Harvard Law School, y el Plan Ceibal.
- Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT Uruguay:
  - [Diploma en Especialización en Analítica de Big Data](#): (2017, 1 año de duración). Basada en tres áreas: Análisis de Datos, Sistemas y Gestión de la Información
- Facultad de Ciencias Empresariales y Economía de la Universidad de Montevideo:





- [Licenciatura en Ciencia de Datos para Negocios](#): (2019, 4 años de duración). Contempla formación y entrenamiento para el análisis de grandes volúmenes de información.



## Prioridades Estratégicas

En esta sección se describen los objetivos y prioridades estratégicas que guiarán las acciones de corto y mediano plazo del Sistema de Transformación Productiva y Competitividad de Uruguay orientadas a levantar restricciones, cerrar brechas e innovar en Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático.

Uruguay tiene oportunidades de transformarse en referente en la generación y adopción de soluciones de CD/AA en sectores estratégicos para el país, que le permitan crecer a partir de la especialización y generar cadenas de valor a través de sectores verticales. Las oportunidades están principalmente en la utilización y aplicación de soluciones de CD/AA y en menor medida en el desarrollo de la tecnología que las hace posible.

Las competencias con que se disponen en las empresas del sector y la academia nacional hacen posible impulsar el posicionamiento de Uruguay en nichos específicos de investigación y desarrollos tecnológicos.

A nivel local, se debe alinear la estrategia con las herramientas ya disponibles, desarrollando instrumentos de promoción necesarios para impulsar ambos sectores: público y privado, y la colaboración entre ambos.

A nivel regional Uruguay puede asumir el rol de activador de un diálogo en el cual se discutan aspectos regulatorios y de reglas de juego. Además, en nuestra calidad de país oferente de cooperación internacional, se pueden generar espacios de vinculación y articulación de actores locales con otros países receptores, que habiliten nuevas oportunidades de desarrollo.



## Visión

Uruguay es en el año 2030 un referente en la aplicación de soluciones de CD/AA en sectores estratégicos, y ubica a empresas del sector TIC como generadoras de soluciones tecnológicas a nivel local, regional y mundial.



## Entorno habilitante

### Educación y Formación

Para posicionar al país como referente en la generación y adopción de soluciones de Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático, es imprescindible la formación de recursos humanos especializados.

Es importante el trabajo en estrategias a mediano y largo plazo que contemplen en forma coordinada, armonizada y explícita la formación en las distintas etapas de la trayectoria educativa. Asimismo, se requieren medidas de alto impacto en el corto plazo para formar recursos humanos con competencias y conocimientos técnicos para una rápida inserción laboral.

#### *Objetivo:*

Mejorar la disponibilidad a nivel nacional de recursos humanos presentes y futuras con competencias en ciencia de datos y sus aplicaciones, adecuando y mejorando las capacidades de formación en los distintos niveles educativos formales y no formales, a través de un modelo de formación flexible y descentralizada.

### Atracción de Talentos

Uruguay deba competir con la región y el mundo para disponer y atraer a trabajadores calificados, lo que representa un desafío significativo a nivel nacional.

#### *Objetivo:*

Atraer expertos internacionales en materia de CD/AA como aquellos con competencias técnicas para su desarrollo en estas áreas y fortalecer el vínculo con la diáspora calificada en el exterior para integrar y fortalecer los procesos de innovación en el país.

### Investigación e Innovación

Para evitar la duplicación de esfuerzos se requiere desarrollar puntualmente los instrumentos de promoción necesarios, alineados a las políticas ya disponibles. Es necesario impulsar y consolidar estrategias afines a los sectores que lo demanden.

#### *Objetivo:*

Afianzar las herramientas de estímulo a la I+D+i y desarrollo de los instrumentos adecuados para apoyar y consolidar la investigación e innovación de CD/AA a nivel nacional.

### Reglamentación

Los desafíos que presentan la CD/AA requieren de un marco integral que no sólo habilite la adecuada adopción de soluciones y el intercambio de datos entre los actores involucrados, sino también que incluya aspectos regulatorios que pueda acompañar y promover el dinamismo del sector, afín a la investigación y la innovación, en un ambiente que contemple a todas las partes.

#### *Objetivo:*



Asegurar la existencia de un marco regulatorio que habilite y dé garantías al intercambio y uso de datos y al desarrollo de CD/AA contemplando el carácter dinámico e incierto en la evolución de estas tecnologías.<sup>30</sup>

### Articulación Internacional

La competencia a nivel internacional por posicionarse a la vanguardia y cómo líderes en el desarrollo de avances científicos y de aplicación vinculados a Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático, supone para los países la necesidad de ensayar acciones y decisiones conjuntas y en articulación con actores claves en la materia.

Es limitada nuestra capacidad de expansión en estas áreas y control de sus impactos actuando de forma independiente, por lo que se debe promover la cooperación a nivel regional para generar mayores avances y que atiendan a necesidades locales, así como desarrollar una mayor articulación con los centros de referencia a nivel mundial que permita acompasar el dinamismo en estas áreas.

#### *Objetivo:*

Desarrollar un rol activo para la generación de diálogo y oportunidades de desarrollo de CD/AA con actores a nivel regional e internacional.

### Ética

Es necesario apostar a una estrategia de desarrollo de la CD/AA centrada en los pilares del desarrollo social sostenible, los derechos y la equidad, contemplando los avances respecto del debate ético a nivel internacional.<sup>31</sup>

#### *Objetivo:*

Desarrollar medidas para promover y facilitar criterios que den garantías y confianza a la sociedad sobre las formas de aplicación y uso adecuado de estas tecnologías, asegurando la protección de sus derechos, evitando sesgos, discriminación y otros posibles impactos negativos y favoreciendo las capacidades de las personas frente a la resolución de dilemas éticos.

### Aplicación a Sectores Estratégicos

El país ha trabajado en la identificación y análisis de sectores y complejos productivos estratégicos a nivel nacional. Ello permitió focalizar en los desafíos, oportunidades y esfuerzos necesarios en áreas que ya han comprobado su dinamismo, que son generadoras de empleo de calidad, con buena capacidad y potencial exportador y/o son capaces de generar impactos significativos y promover el desarrollo social.

### Aplicación a Sectores Productivos

#### *Objetivo:*

---

<sup>30</sup> Contemplando los avances internacionales en las áreas de mayor impacto (ej. los relacionados a la adopción de sistemas autónomos y las responsabilidades asociadas a su accionar).

<sup>31</sup> A nivel global, el principal avance al respecto del debate ético y el uso de la Inteligencia Artificial, lo constituyen los 23 principios sobre IA de la Conferencia de Asilomar, convocada por el Instituto Future of Life del año 2017 y que constituyen un decálogo de principios relacionados en las áreas de Investigación, Ética y Valores y Temáticas de largo alcance.

Otra referencia a considerar son los “IEEE P7000™ Standards Series Personal Data and Economic Well Being Focus”, en particular IEEE P7003™-Algorithmic Bias Considerations, IEEE P7006™-Standard on Personal Data AI Agent Working Group, IEEE P7010™-Wellbeing Metrics Standard for Ethical AI/AS.



Impulsar la incorporación de CD/AA en los sectores productivos, comerciales y de servicios estratégicos (públicos y privados) para mejorar sus capacidades de funcionamiento e impacto, su productividad y fortalecer su competitividad en el mercado regional y global.

#### Aplicación en el Estado

##### *Objetivo:*

Impulsar la incorporación de CD/AA al Estado como política prioritaria para el desarrollo de Gobierno Digital y la mejora en la calidad y eficiencia de los servicios públicos.

El marco de referencia existente para la actuación de los organismos del Estado lo constituyen:

- Agenda Uruguay Digital 2020 y Plan de Gobierno Digital 2018-2020, en particular la dimensión de “Gobierno Inteligente”.
- Plan de Acción Nacional de Datos Abiertos.
- El desarrollo por parte de la Agencia para el Gobierno Electrónico (AGESIC) del documento “Principios generales y recomendaciones sobre el uso de Inteligencia Artificial para el Gobierno Digital” con estándares de desarrollo y calidad para el uso de estas tecnologías en los diferentes niveles de la administración pública que oriente la transformación digital del Gobierno.

#### Aplicación para el Desarrollo Social

Es necesario apostar a una estrategia de uso de la CD/AA centrada en el desarrollo de las personas y sus capacidades, contribuyendo a mejorar sus condiciones y calidad de vida, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

##### *Objetivo:*

Impulsar el desarrollo de investigación, innovación y soluciones basadas en CD/AA, articulada con las prioridades, demandas y desafíos presentes a nivel social; que contribuyan al logro de un desarrollo social sostenible.



## Gobernanza

Los distintos agentes involucrados en la construcción de soluciones de CD/AA deben construir sistemas fundamentalmente abiertos y cooperativos, atendiendo al dinamismo y convergencias involucradas con estos desarrollos tecnológicos. Esto implica la conformación de equipos de trabajo sólidos, con capacidad de evaluación y adaptación, involucrando a las instituciones de gobierno, actores del mercado, trabajadores y academia cada una desde su rol específico. Asimismo, se debe contemplar la necesaria articulación con actores a nivel internacional.

Atendiendo a estos señalamientos, la gobernanza de la *Hoja de Ruta en Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático* estará compuesta por un Comité Ejecutivo integrado por representantes (titular y alterno) designados por las instituciones responsables de cada proyecto (ANEP, Plan Ceibal, UdelaR, Uruguay XXI, SNCYT, STPC, ANII, MIEM, MRREE, AGESIC, AUCI) y las instituciones responsables por definir. Asimismo, este Comité Ejecutivo estará integrado por representantes del sector privado, del LATU y del CONICYT. Desde el MIEM, junto a un representante de la Secretaría de Transforma Uruguay se coordinará el Comité Ejecutivo. Dicha coordinación implica su convocatoria y la supervisión de sus cometidos.

El Comité Ejecutivo tendrá las funciones de:

Realizar el seguimiento de los Proyectos de la Hoja de Ruta para el reporte, monitoreo y evaluación de estado de cada uno de los proyectos, con periodicidad al menos semestral.

Elevar al Sistema de Transformación Productiva y Competitividad los reportes de ejecución cuando los solicite, así como posibles demandas y/o necesidades de articulación, coordinación y cooperación identificadas para la ejecución de los proyectos.

Procurar, junto a la Secretaría de Transformación Productiva y Competitividad, financiamiento para la ejecución de los proyectos y su difusión en los ámbitos que corresponda.

Invitar, siempre que lo considere pertinente, a otras instituciones u organizaciones a participar de sus reuniones.

Los Grupos de Trabajo conformados en los distintos proyectos de la Hoja de Ruta serán liderados por el referente de la institución responsable de cada proyecto, en articulación con personas designadas por las restantes instituciones participantes.

Los grupos se darán la forma de organización y periodicidad de reunión que entiendan conveniente para la ejecución de los proyectos. A través de la persona referente de la institución responsable, notificarán al Comité Ejecutivo, su integración, estado de avance de proyectos, eventuales consultas y/o necesidades a tratar en el marco del Sistema de Transformación Productiva.





## Acciones prioritarias y proyectos específicos

### Fortalecer la educación en STEM y computación orientada a CD/AA en educación primaria y media

<b>DESCRIPCION</b>	<p>Teniendo en cuenta los avances vinculados a Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático, los cuales se están incorporando transversalmente a desarrollos en los más amplios dominios de la actividad económica, social, política y ambiental; se hace imprescindible dotar a las futuras generaciones de aquellos conocimientos y competencias que faciliten su articulación con estas áreas tecnológicas en su vida cotidiana, actividad laboral y especializaciones educativas.</p> <p>Para ello es importante articular y validar entre los actores asociados al sistema educativo y al mercado laboral y productivo, aquellos componentes curriculares necesarios y adecuados en contextos de cambio dinámico, asociado a estas necesidades y demandas.</p>
<b>FECHA INICIO</b>	6/2019
<b>PLAZO</b>	12/2024
<b>OBJETIVO</b>	Promover, en el marco de la Educación Primaria y Media, formación básica en competencias y conocimientos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática (STEM) y computación en dominios vinculados a CD/AA.
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>06/2019 – Establecer grupo de trabajo para la generación de propuestas de inclusión de competencias en CD/AA en educación primaria y media en el corto plazo, contemplando los proyectos afines actualmente en curso.</p> <p>06/2020 - Elaboración de una propuesta de profundización de planes de estudio en educación primaria y media incorporando una formación general básica de competencias y conocimientos en STEM y Computación.</p>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	ANEP – Plan Ceibal
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MEC – UdelaR – UTEC – Universidades Privadas



## Fortalecer la educación terciaria (técnica y profesional) y de posgrado en CD/AA



<b>DESCRIPCION</b>	<p>La disponibilidad de recursos humanos especializados en TIC, y en especial en CD/AA, es deficitaria para las demandas de la actividad productiva y vinculada a I+D+i. Se trata por lo tanto de estimular las posibilidades de formación terciaria y superior vinculada a estas áreas, que facilite la futura disponibilidad de profesionales y técnicos especializados en ellas.</p> <p>Entre las áreas que es necesario fortalecer se destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– La necesidad de elaborar un plan de actualización de las <u>carreras de grado universitario y formación técnica</u> en computación en las subáreas de CD/AA.</li> <li>– La generación de ofertas de <u>formación de posgrado de tipo académico</u> en CD/AA, dirigidas a aspirantes a investigadores en los fundamentos o en su aplicación en áreas de investigación vinculadas (ej. reconocimiento de imágenes, tratamiento de señales o procesamiento de lenguaje natural, entre otras).</li> <li>– La generación de ofertas de <u>formación de posgrado de tipo profesional</u> en CD/AA, orientadas a facilitar la incorporación de estas tecnologías en la toma de decisiones y/o elaboración de políticas, gestión productiva e innovación social.</li> <li>– La generación de ofertas de formación de posgrado dirigidas a profesionales en ciencias con conocimientos avanzados en cálculo (ej. Estadística, Matemática, Economía, entre otras) que faciliten la aplicación de métodos vinculados a la Ciencia de Datos en sus respectivos dominios de especialización.</li> <li>– Establecimiento de mecanismos de evaluación periódica de nuevos requerimientos a incorporar en dominios de CD/AA.</li> </ul>
<b>FECHA INICIO</b>	6/2019
<b>PLAZO</b>	12/2024
<b>OBJETIVO</b>	<p>Mejorar la disponibilidad a corto y mediano plazo de recursos humanos con competencias y conocimientos técnicos en CD/AA, adecuando y mejorando las capacidades de formación en los niveles educativos terciarios de grado y posgrado, tanto dentro de las orientaciones TIC como de otras disciplinas con conocimiento avanzado en cálculo.</p> <p>Incorporar dentro de la educación profesional y especialización vinculada a CD/AA (tecnicaturas, carreras de grado, diplomas, maestrías y doctorados), formación específica asociada a aspectos éticos, de transparencia y privacidad, tanto para el uso y manejo de datos como para la toma de decisiones de sistemas autónomos</p>
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	06/2019- Conformación de grupo de trabajo con el objetivo de



	<p>elaborar un plan que contemple el fortalecimiento de la oferta curricular de educación terciaria y de posgrado y la transversalización de aspectos éticos, de transparencia y privacidad</p> <p>12/2019- Evaluación de antecedentes nacionales e internacionales existentes y relevamiento de oferta curricular. Identificación de oportunidades, necesidades y demandas aún faltantes. Propuesta de Plan de trabajo.</p>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	UdelaR
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MEC – UTEC – UTU - Universidades Privadas

## Promover la formación en CD/AA orientada hacia el sector productivo



<b>DESCRIPCION</b>	<p>Se identifican demandas complementarias entre el sector productivo y educativo, haciendo necesarias sinergias para asegurar RRHH capacitados para los desafíos y dinámicas de las actividades laborales y productivas vinculadas a CD/AA.</p> <p>Se requiere además disponer de egresados con la acumulación de experiencia práctica suficiente para una rápida incorporación al trabajo en proyectos que enfrenten problemas y generen nuevos desarrollos. Esto incluye complementar el proceso de la formación en CD/AA con la práctica profesional, impulsando espacios de participación laboral para los estudiantes y fortaleciendo las instancias de formación y capacitación para empleados y profesionales. Se necesita también mejorar las capacidades de los estudiantes de culminar el ciclo de formación y obtener la titulación, postergado por su rápida incorporación al mercado laboral.</p> <p>Además, el dinamismo del conocimiento y los avances en CD/AA como su impacto en otros dominios, demandan una actualización continua y recalificación de quienes se desempeñan laboralmente en áreas vinculadas.</p> <p>Facilitar capacitaciones abiertas disponibles de especialización técnica que permitan una rápida inserción al mercado laboral (MOOC).</p>
<b>FECHA INICIO</b>	12/2019
<b>PLAZO</b>	12/2024
<b>OBJETIVO</b>	Fortalecer los procesos de articulación entre sistema educativo y sector productivo para promover la disponibilidad de recursos humanos titulados y con conocimientos actualizados y destrezas prácticas adecuadas para el correcto desempeño en áreas vinculadas a CD/AA.
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>06/2020- Elaboración de un plan que contribuya a complementar el proceso de formación de estudiantes y profesionales en CD/AA con su actividad laboral.</p> <p>09/2020- Definición de estrategia entre actores productivos y de formación terciaria con orientación a CD/AA, para facilitar la generación de <u>espacios de práctica profesional</u> que permitan acompañar pedagógicamente a cada estudiante en su proceso de aprendizaje.</p> <p>03/2021- Diseño de mecanismos de estímulo para <u>la finalización de los estudios terciarios</u> en TIC y el fortalecimiento de los ya existentes</p>



	para la participación de maestrías y doctorados en áreas estratégicas.  03/2021- Desarrollo de cursos acreditados en CD/AA para <u>recalificación y actualización continua</u> de personas que se desempeñan laboralmente en áreas de STEM, que permitan un rápido reperfilamiento laboral.
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	A definir previo al inicio del proyecto
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MTSS - MIEM – ANDE – INEFOP - Sector Privado – Representación de los Trabajadores – Instituciones Educativas

## Atracción de talentos y articulación con la diáspora calificada



<b>DESCRIPCION</b>	<p>En el contexto internacional, existe gran competencia entre los países por atraer personal calificado para fortalecer sus capacidades de I+D+i en CD/AA. Ello demanda que Uruguay también se convierta en una alternativa atrayente y se vincule con sus recursos calificados en el exterior.</p> <p>Un significativo número de estudiantes, investigadores y profesionales uruguayos se desempeñan en el exterior, siendo fundamental la articulación con este colectivo para promover las oportunidades de cooperación e intercambio vinculadas a sus ámbitos de actividad. En particular aquellos/as con líneas de trabajo en temas vinculados a CD/AA, constituyen fuertes aliados potenciales para ampliar las capacidades de conocer y articular a nivel local desarrollos científicos y/o tecnológicos de vanguardia en estas áreas.</p>
<b>FECHA INICIO</b>	6/2019
<b>PLAZO</b>	12/2020

<b>OBJETIVO</b>	<p>Fortalecer y articular las capacidades nacionales e instrumentos disponibles para atraer talentos del exterior con formación en TIC en general y con especialización en CD/AA, así como a aquellos con competencias técnicas para su desarrollo en estas áreas.</p> <p>Fortalecer el vínculo del Ecosistema TIC con la diáspora calificada en el exterior en CD/AA, para integrar y fortalecer las capacidades nacionales en estas áreas vinculadas a innovación e investigación, así como las capacidades de generación de startups y de escalamiento de las empresas con estos desarrollos.</p>
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>12/2019 – Propuesta de iniciativas específicas para la atracción de talentos en materia de CD/AA en el marco del Proyecto N° 32 del Plan de TPC “Atracción de talentos”.</p> <p>12/2020 – Propuesta de iniciativas específicas para la articulación con la diáspora calificada en materia de CD/AA en el marco del Proyecto N° 34 del Plan de TPC “Vinculación con uruguayos destacados en el exterior”.</p>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	STPC – SNCYT - Uruguay XXI – MRREE
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MI – MTSS – MINTUR – MIEM – MVOTMA – ANII – INIA – LATU – Universidades - Instituciones de Investigación – Organizaciones de Uruguayos en el Exterior

## Fortalecimiento de incentivo a la I+D+i en áreas de CD/AA

<b>DESCRIPCION</b>	La Ciencia de Datos y el Aprendizaje Automático constituyen áreas claves en el marco de una estrategia de competitividad, innovación y desarrollo a largo plazo; para promoverse a sí mismas y en su capacidad de dinamizar otros sectores de interés nacional. Para ello se requiere articular de forma consistente los distintos incentivos y subvenciones en investigación e innovación con tales fines.
<b>FECHA INICIO</b>	6/2019
<b>PLAZO</b>	12/2021

<b>OBJETIVO</b>	<p>Potenciar la generación de investigación e innovación en CD/AA, a través del perfeccionamiento y fomento del uso de herramientas de estímulo general, sectorial y específico.</p> <p>Evitar la duplicación de esfuerzos en el desarrollo de instrumentos de promoción, impulsando y consolidando el uso de las herramientas de estímulo existentes a la I+D+i para la investigación e innovación en CD/AA.</p>
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>08/2019 - Generación de instancia y material de presentación de las herramientas de estímulo existentes en I+D+i con potencial para su aplicación en áreas de CD/AA. Relevamiento de inquietudes y análisis sobre la efectividad de los instrumentos.</p> <p>08/2020 - Elaboración de propuesta de fortalecimiento de herramientas ya existentes específicas en CD/AA, en sectoriales ya analizados con potencial de incorporación de desarrollos en estas áreas y eventual propuesta de instrumentos adicionales que puedan ayudar a consolidar la investigación e innovación en estas áreas.</p>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	ANII
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MEF – MIEM – SNCYT - Sector Privado – Universidades – Instituciones de Investigación





## Desarrollo de un ambiente “abierto” de aceleración y prueba de soluciones de CD/AA



<b>DESCRIPCION</b>	La capacidad de experimentación y generación de nuevas soluciones basadas en CD/AA puede verse limitada en empresas y/u otros colectivos fuera del sistema de investigación, por no disponer del asesoramiento, recursos expertos y capacidades de infraestructura, datos y software adecuados. El desarrollo de entornos de carácter abierto (en términos de su funcionamiento con “open data”, “open interface” y “código open source”), donde se provean estas facilidades, constituyen un mecanismo más eficiente y que incentiva los actores a su uso de forma particular o colectiva para innovar en CD/AA aplicada a sus ámbitos de interés.
<b>FECHA INICIO</b>	8/2019
<b>PLAZO</b>	12/2020

<b>OBJETIVO</b>	Proveer acceso a expertos, infraestructura y software de última generación a través de ambientes abiertos para el testeo, aceleración, experimentación y pruebas de concepto en CD/AA por parte de grupos de empresas y otros colectivos.
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	08/2019 - Establecer grupo de trabajo para elaboración de análisis de características y estudio de prefactibilidad de conformación de un ambiente “abierto” de aceleración y prueba de soluciones de CD/AA.  12/2020 - Diseño de la propuesta de desarrollo.
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	MIEM
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	ANII – AGESIC - ANTEL

## Acceso a repositorios de bases de datos para experimentación y nuevos desarrollos

<b>DESCRIPCION</b>	<p>La Ciencia de Datos y el Aprendizaje Automático basan sus desarrollos en el análisis de grandes volúmenes de datos, por lo cual garantizar la disponibilidad de esta información en áreas de interés, actualizada y de calidad, constituye un aspecto de fundamental importancia. Actualmente a nivel nacional son limitados los bancos de datos existentes con potencial inmediato para su aplicación a investigación e innovación en estos dominios o su capacidad de uso se encuentra restringida a instituciones o colectivos académicos específicos.</p> <p>Por ello es de gran relevancia fortalecer el acceso a mayores repositorios y librerías nacionales e internacionales relevantes para explorar su uso en la comunidad especializada.</p>
<b>FECHA INICIO</b>	8/2019
<b>PLAZO</b>	05/2020

<b>OBJETIVO</b>	Fortalecer las capacidades de desarrollo de investigación e innovación nacional en ámbitos vinculados a CD/AA facilitando el acceso a mayores librerías y repositorios de datos nacionales e internacionales actualizados en dominios de interés para la comunidad científica-tecnológica.
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>12/2019 - Relevamiento en coordinación con expertos en CD/AA de posibles bancos de datos de interés.</p> <p>05/2020 - Elaboración de informe de evaluación de costos y requisitos para el acceso</p>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	SNCYT
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MIEM – STPC – CONICYT – SEN - ANII

## Desarrollo del marco habilitante y desafíos éticos para la adopción de CD/AA

<b>DESCRIPCION</b>	<p>La generación de innovaciones y experimentación en CD/AA puede conllevar algunos desafíos en términos de la incertidumbre asociada al intercambio, uso de datos y prueba de soluciones.</p> <p>Para mitigar estos riesgos a la vez que se den garantías en el control de estas actividades, se requiere avanzar en marcos regulatorios que permitan abordar los retos propios del carácter dinámico e incierto que caracteriza la evolución de estas áreas, así como la implementación de ambientes controlados de experimentación.</p> <p>Es necesario apostar a una estrategia de desarrollo de la CD/AA centrada en los pilares del desarrollo social sostenible, los derechos y la equidad, contemplando los avances respecto al debate ético a nivel internacional y asegurando la protección de derechos fundamentales, evitando sesgos, discriminación u otros posibles impactos negativos y favoreciendo las capacidades de las personas ante dilemas éticos.</p>
<b>FECHA INICIO</b>	12/2019
<b>PLAZO</b>	12/2022

<b>OBJETIVO</b>	Acompasar el marco regulatorio y generar estrategias de comunicación para el desarrollo de la CD/AA para promover su investigación, innovación e implementación, atendiendo a los desafíos éticos que la temática implica en cuanto a garantizar derechos y generar confianza en la ciudadanía
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>12/2019 – Constituir grupo de trabajo</p> <p>06/2020 - Generación de informe de recomendaciones sobre la aplicación de “Sandbox regulatorios”, plataformas y ambientes del tipo “Testbeds”, campos de pruebas para nuevos modelos de negocio, innovación e investigación.</p> <p>12/2020 – Desarrollar criterios para evaluación de procesos de selección y contratación de proyectos, servicios y/o productos basados en un uso seguro ético de CD/AA.</p> <p>12/2020 – Instrumentar guías y buenas prácticas para garantizar la privacidad, transparencia, responsabilidad y seguridad frente al diseño e implementación de desarrollos en CD/AA. Se deberá contemplar aspectos como la privacidad por diseño en el uso de datos, trazabilidad y posibilidad de revisión humana, la anonimización de datos personales e identificatorios frente al desarrollo de procesos de decisión de algoritmos de aprendizaje</p> <p>6/2021 Generar campañas de difusión y sensibilización sobre la</p>



	<p>oportunidades, beneficios y riesgos que implican los desarrollos en CD/AA</p> <p>12/2021 - Acompasar el marco regulatorio velando por responder los desafíos, amenazas, requisitos y medidas de protección a considerar en el marco de la manipulación y generación de datos a través de desarrollos de CD/AA.</p>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	AGESIC
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MEF - MIEM - ANII - Organismos Reguladores – Sector Privado – Empresas Públicas - Sociedad Civil – SNCYT – LATU/LATITUD



## Fortalecer el intercambio con redes de expertos y centros de referencia internacional en CD/AA



<b>DESCRIPCION</b>	<p>La capacidad de expansión de nuestro país en estas áreas y la necesidad de acompasar el dinamismo de su penetración creciente en los más variados sectores, constituyen un desafío creciente para quienes utilizan y desarrollan soluciones de CD/AA. Esto se agrava cuando esto se realiza de forma aislada e independiente.</p> <p>En este sentido, actuar de forma articulada con países de la región, fortalecer la vinculación e intercambio con redes de expertos y centros de referencia internacional en materia de CD/AA.</p>
<b>FECHA INICIO</b>	05/2020
<b>PLAZO</b>	12/2022

<b>OBJETIVO</b>	Estimular la generación de procesos de diálogo regional e internacional para eliminar las barreras y potenciar las oportunidades de desarrollo de soluciones y avances de CD/AA que favorezcan los entornos locales y la articulación con expertos y centros de referencia mundial.
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>08/2020 – Relevar información de redes de expertos y centros de referencia internacional en CD/AA, con potencial de articulación al trabajo de investigación e innovación desarrollado y definido como estratégico a nivel nacional.</p> <p>08/2020 - Identificar los espacios existentes en el marco de los mecanismos de cooperación regional con los cuales articular, (ej. eLAC), promoviendo la integración de las temáticas relevadas en su agenda de trabajo</p> <p>03/2021 - Generación de panel de intercambio de referentes políticos y expertos de centros de referencia regionales para identificar áreas prioritarias de actuación. Elaboración de informe de recomendaciones y retos.</p> <p>08/2021 - Elaborar un plan de acción que permita fortalecer el relacionamiento regional e internacional.</p> <p>12/2021 - Evaluar las posibilidades de articulación con el Proyecto del Plan de TPC “Atracción de Líderes Globales en I+D”, estimulando la instalación de filiales de Centros de Referencia en materia de CD/AA.</p> <p>05/2022 - Impulsar la revisión, al interior de los espacios de cooperación regional competentes, de los marcos legales nacionales e internacionales que regulan el intercambio y flujo de datos no personales entre países de la región para identificar oportunidades de mejora.</p>

<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	SNCYT
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	AUCI - MRREE – MIEM – ANDE - Sector Privado



## Cooperación internacional como espacio para oportunidades en CD/AA

<b>DESCRIPCION</b>	<p>Desde ya hace unos años, Uruguay se ha venido transformando en un país oferente de cooperación Sur-Sur y parte de iniciativas de cooperación triangular a través del intercambio de conocimiento, recursos y capacidades a otros países con similar o menor grado de desarrollo.</p> <p>Bajo este marco de cooperación es posible identificar y generar espacios de vinculación y articulación de actores locales generadores de soluciones y avances en materia de CD/AA con otros países.</p>
<b>FECHA INICIO</b>	03/2021
<b>PLAZO</b>	12/2022

<b>OBJETIVO</b>	Potenciar las capacidades de desarrollo de Uruguay en materia de CD/AA en el escenario internacional, a través de las oportunidades presentes en el marco de las modalidades de cooperación e intercambio existentes con otros países.
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>03/2021 - Generar un subgrupo de trabajo, en el marco de la Hoja de Ruta, con el objetivo de estrechar las capacidades de vinculación y sinergia de los actores nacionales en materia de cooperación y de aquellos que trabajan en áreas de desarrollo de CD/AA.</p> <p>12/2021 - Coordinar con las instituciones competentes la identificación de las capacidades nacionales en la materia susceptibles de ser compartidas con otros países y las oportunidades existentes a nivel de cooperación internacional.</p> <p>05/2022 - Impulsar la participación de referentes nacionales de CD/AA en la cooperación internacional, en particular en el rol de oferentes.</p>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	AUCI
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MRREE - MIEM – ANII – SNCYT - Universidades – Otros institutos de investigación - Sector Privado





## Promover la incorporación de soluciones de CD/AA por parte del sector productivo

<b>DESCRIPCION</b>	<p>El país ha trabajado en la identificación y análisis de sectores y complejos productivos estratégicos a nivel nacional. Ello permitió focalizar en los desafíos, oportunidades y esfuerzos necesarios en áreas que ya han comprobado su dinamismo, que son generadoras de empleo de calidad, con buena capacidad y potencial exportador y/o son capaces de generar impactos significativos y promover el desarrollo social.</p> <p>Es necesaria una adecuada comprensión por parte de las empresas de las capacidades y limitaciones en el uso de la CD/AA, así como identificar y promover dichas soluciones para impulsar su incorporación en distintos verticales.</p>
<b>FECHA INICIO</b>	06/2019
<b>PLAZO</b>	12/2023

<b>OBJETIVO</b>	<p>Promover la generación e intercambio de datos para facilitar la incorporación de CD/AA por parte de los sectores productivos, comerciales y de servicios estratégicos para mejorar sus capacidades de funcionamiento e impacto, su productividad y fortalecer su competitividad en el mercado regional y global.</p> <p>Impulsar el uso de sensores y la recolección y procesamiento de grandes bases de datos a partir de la adquisición de maquinaria productiva adecuada.</p> <p>Fortalecer la gestión diferencial, de precisión y optimizada en la explotación de los recursos naturales.</p>
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>06/2019 - Instrumentar un espacio de intercambio entre actores económicos, para favorecer el uso articulado de datos y la identificación de problemáticas y soluciones conjuntas para el uso de CD/AA por parte de las empresas.</p> <p>02/2020 - Releva e identificar los principales aspectos que permitan impulsar el potencial de la incorporación de la CD/AA en todos los niveles de la estructura organizacional, productiva y de negocios de las empresas</p> <p>05/2020 - Analizar herramientas que permitan impulsar por parte del sector productivo el uso de sensores y la recolección y procesamiento de grandes bases de datos a partir de la adquisición de maquinaria productiva adecuada.</p> <p>12/2020 - Identificar sectores verticales específicos en los cuales impulsar y canalizar las oportunidades de aplicación de CD/AA:</p>





	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Energía: desarrollo de redes inteligentes, gestión inteligente de activos, sistemas de protección y control de equipos de transmisión, generación y distribución de energía eléctrica y estudios de evaluación y predicción de recursos renovables.</li> <li>– Agropecuaria y forestal-maderera: uso de repositorios de datos existentes, maquinaria especializada con capacidad de recolección y análisis de información.</li> <li>– Diseñar un plan que impulse el desarrollo de empresas y startups en el sector de la Bioinformática que se beneficien del uso de nuevos sensores biológicos, la nanotecnología, el registro automático de información, la modelización, el análisis de imágenes, la visualización 3D y la realidad aumentada.</li> </ul>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	STPC
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MIEM - SNCYT – MGAP – LATU – ANDE - UdelaR – UTEC – UTU - Universidades Privadas – Sector Privado

## Implementar un plan de trabajo en el sector público, incluyendo empresas públicas, para el uso de soluciones de CD/AA

<b>DESCRIPCION</b>	<p>El sector público del Uruguay debe abordar los desafíos que plantea la incorporación de la CD/AA como un objetivo prioritario en un marco de mejora de la calidad y eficiencia de los servicios públicos.</p> <p>El marco de referencia existente para la actuación de los organismos del Estado lo constituyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– La Agenda Uruguay Digital 2020 y el Plan de Gobierno Digital 2018-2020, en particular la dimensión de “Gobierno Inteligente”.</li> <li>– El Plan de Acción de Gobierno Abierto y una Estrategia Nacional de Datos Abiertos.</li> <li>– El desarrollo por parte de la AGESIC del documento “Principios generales y recomendaciones sobre el uso de Inteligencia Artificial para el Gobierno Digital” con estándares de desarrollo y calidad para el uso de estas tecnologías en los diferentes niveles de la administración pública que oriente la transformación digital del Gobierno.</li> </ul>
<b>FECHA INICIO</b>	06/2020
<b>PLAZO</b>	12/2022

<b>OBJETIVO</b>	Impulsar la incorporación de CD/AA al Estado como política estratégica para el desarrollo de Gobierno Digital y la mejora en la calidad y eficiencia de los servicios públicos.
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>12/2019 - Elaborar un mapa con los distintos involucrados e identificar el ecosistema que reúna a los sectores públicos y privados, la academia y la sociedad civil.</p> <p>12/2019 – Identificar sectores estratégicos y proyectos pilotos para el desarrollo de soluciones de CD/AA.</p> <p>3/2020 - Desarrollar un programa de capacitación para la Administración Pública que contemple las distintas disciplinas relacionadas con la CD/AA, así como los distintos perfiles involucrados.</p> <p>12/2020 - Definir estándares, guías y recomendaciones para el análisis de impacto, seguimiento y auditoría de los algoritmos de toma de decisiones utilizados en la Administración Pública, así como para su interpretabilidad y explicabilidad.</p> <p>05/2021 - Instrumentar un plan de trabajo entre empresas públicas para el uso de soluciones de CD/AA. Identificar espacios de articulación común en desarrollo, intercambio, disponibilidad en formatos abiertos y procesamiento de datos.</p>



<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	AGESIC
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	MIEM - ACCE – ANII – Empresas públicas



## Estrategias para la aplicación de la CD/AA en el desarrollo social del Uruguay



<b>DESCRIPCION</b>	<p>Es necesario apostar a una estrategia de uso de la CD/AA centrada en el desarrollo de las personas y sus capacidades, contribuyendo a mejorar sus condiciones y calidad de vida, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.</p> <p>En el marco de una visión global que apueste a una estrategia de uso de la CD/AA centrada en el desarrollo de las personas y sus capacidades, elaborar un plan de acción que contemple aquellos aspectos en los que la CD/AA pueden contribuir, en el corto y mediano plazo, a la mejora de sus condiciones y calidad de vida.</p> <p>Se han identificado tres ejes para el desarrollo de iniciativas, y en cada uno de ellos se puede enumerar áreas de acción específicas que contemplen la aplicación de la CD/AA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Inherentes a la salud y educación de las personas</li> <li>– Medio ambiente y recursos naturales</li> <li>– Eficacia en el transporte y logística al servicio del ciudadano</li> </ul>
<b>FECHA INICIO</b>	08/2020
<b>PLAZO</b>	12/2023

<b>OBJETIVO</b>	Impulsar el desarrollo de la investigación, innovación y soluciones basadas en CD/AA, articulado con las prioridades, demandas y desafíos presentes a nivel social, que contribuyan al logro de un desarrollo social sostenible.
<b>PRINCIPALES HITOS</b>	<p>08/2020 – Conformar un grupo de trabajo para elaborar un Plan de acción que incluya las siguientes áreas con oportunidades de desarrollo ya identificadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Salud y educación de las personas</li> <li>– Medio ambiente y recursos naturales</li> <li>– Transporte y logística al servicio del ciudadano</li> </ul>
<b>INSTITUCION RESPONSABLE</b>	STPC
<b>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	Organizaciones a definir vinculadas a la temática



# ANEXOS



## Anexo I – Aportes recibidos para la identificación de necesidades para el desarrollo de CD/AA en Uruguay

Los distintos agentes involucrados en la construcción de soluciones de CD/AA deberían construir un sistema fundamentalmente abierto y cooperativo, en el que se promueva la convergencia de las tecnologías involucradas. Para el desarrollo de estas tecnologías se requiere coordinación de actores a nivel internacional y de cada gobierno a nivel nacional. Esto implica la conformación de equipos de trabajo sólidos, involucrando a las agencias de gobierno, actores del mercado y la academia, cada una desde su rol específico.

Para la elaboración de la presente Hoja de Ruta, se recibió el aporte de un grupo de expertos. A partir del trabajo articulado con los mismos, se identifica que:

Uruguay tiene oportunidades de transformarse en referente en la generación y adopción de soluciones de CD/AA en sectores estratégicos para el país, que le permitan crecer a partir de la especialización y generar cadenas de valor a través de sectores verticales. Las oportunidades están principalmente en la utilización y aplicación de soluciones de CD/AA y en menor medida en el desarrollo de la tecnología que las hace posible.

Por otro lado, las competencias con que se disponen en las empresas del sector y la academia nacional hacen posible impulsar el posicionamiento de Uruguay en nichos específicos de investigación y desarrollos tecnológicos.

A nivel local, se debe alinear la estrategia con las herramientas ya disponibles, desarrollando instrumentos de promoción necesarios para impulsar ambos sectores: público y privado, y la colaboración entre ambos.

También a nivel regional Uruguay puede asumir el rol de activador de un diálogo en el cual se discutan aspectos regulatorios y de reglas de juego. Además, en nuestra calidad de país oferente de cooperación internacional, se pueden generar espacios de vinculación y articulación de actores locales con otros países receptores, que habiliten nuevas oportunidades de desarrollo.

Algunos temas específicos en los que, a nivel de nuestro país, se recibieron aportes del grupo de expertos consultados, han permitido identificar necesidades específicas y recomendaciones que se detallan a continuación.

### 1. Formación

Se detectan necesidades de formación tanto en áreas de Ciencias de Datos como en Aprendizaje Automático. La oferta de capacitación de posgrado (doctorados o maestrías) en Ciencia de Datos es limitada. Esto podría tener un efecto negativo en la investigación básica y aplicada de alto nivel en el Uruguay y en la capacidad del sistema educativo para formar nuevos profesores.

En tanto, es importante para el sector productivo:

- Que todas las industrias, (no solamente las de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), incorporen tecnologías vinculadas con CD/AA, transversalizando su aplicación en sus respectivos rubros.





- La adopción de CD/AA en empresas del rubro tecnológico, en tanto generará múltiples oportunidades de crecimiento y mayores ventajas para la exportación.

Entre las limitaciones para que se den estos desarrollos se destaca la necesidad de formación de recursos humanos, actualmente escasos. Por parte de la Industria se manifiesta la necesidad de disponer de todos los roles: más investigadores de nivel de posgrado, ingenieros, técnicos y programadores: un crecimiento sostenido de la pirámide en todos los niveles.

Además, la oferta de formación disponible no es ampliamente conocida. También hay que tener en cuenta que los profesionales egresados en la temática no están formados para comenzar a desarrollar proyectos de forma inmediata. La adaptación del conocimiento acumulado a prácticas de ejecución concreta requiere la adquisición de cierta experiencia y desarrollo de desafíos prácticos.

#### *Recomendaciones*

Se requiere profundizar en distintos niveles de formación: la orientada hacia el especialista, la orientada hacia la formación de grado en TIC, la orientada hacia otros perfiles que transformando su formación profesional puedan alcanzar la especialización requerida, y la formación orientada hacia la población en general (en este último caso el conocimiento sobre la temática y sus potenciales beneficios).

- Con referencia al primer nivel de formación, se necesita formar a un mayor número de especialistas, ya que actualmente son muy pocos.

En los casos de Posgrados, las formaciones con tesis cumplen un papel clave en la capacitación del estudiante, además de cubrir diferentes temas con los cursos. Un trabajo personal (guiado) le permite adquirir una metodología para enfrentar un problema o dominio de aplicación, integrar los temas de los cursos, conocer el *estado del arte* del dominio en cuestión, dominar un conjunto coherente de herramientas para resolver algunos aspectos del problema, analizar los resultados y concluir con un enfoque crítico, y una eventual toma de decisiones. El proceso formativo de la tesis es un diferencial importante.

Se destaca la importancia que tiene la titulación, en un doble sentido. Por un lado, por demostrar la capacidad de terminar un ciclo de formación. Por otro, desde el punto de vista empresarial, ya que la disposición de recursos humanos titulados constituye un beneficio, por ejemplo, al momento de postular a una licitación.

Es necesario contar con currículas de especialización flexibles, donde dependiendo de los cursos elegidos se pueda obtener certificaciones diferenciales o facilitar la nivelación de estudiantes provenientes de diferentes áreas de origen. Un ejemplo es la Maestría en Bioinformática, que incluye una tesis, y permiten que, dependiendo del perfil profesional inicial del estudiante, se pueda optar por diferentes cursos que faciliten la nivelación en formación de los mismos para contar con conocimientos tanto de biología como de informática. Ésta es un Maestría del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA).

- En el caso de determinados tipos de perfiles de formación profesional (Economistas, Estadísticos, Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, entre otros), con algunos conocimientos previos en computación, pueden con cierta capacitación incorporarse en estas áreas, sobre todo en la de Ciencia de Datos. Para ellos, así



como para Profesionales de grado y técnicos en TIC no abocados a estas áreas, se requiere formación inmediata de competencias adecuadas, adquiribles con formaciones de corto plazo (ej. 6 meses a un año).

Además de los perfiles profesionales y técnicos señalados previamente, se debería poder encontrar un camino intermedio, educando en competencias relevantes para el desarrollo de CD/AA también a personas con diferentes niveles de formación, lo que tendría un derrame social importante y ampliaría la cantidad de perfiles disponibles.

- Se considera importante también capacitar en conceptos básicos asociados a CD/AA (algoritmos, álgebra lineal, probabilidad) en etapas tempranas de la educación (Primaria y Secundaria).

Asimismo, es necesario que la formación transcurra por espacios de educación no formal y que apueste a democratizar habilidades vinculadas a estas áreas de conocimiento, bajo una óptica abierta y de escalabilidad. El énfasis no debe necesariamente pasar únicamente por lo económico centrado en la capacitación de recursos humanos para el trabajo en la industria tecnológica, sino también crear usos de valor público y beneficio para nuestro entorno. Un ejemplo es el programa “Escuela de datos”, que opera en 4 continentes trabajando con personas sin formación específica o que al menos no pueden ser considerados especialistas, y sin embargo terminan incorporándose al Análisis de Datos.

- Además de los niveles anteriormente señalados, es necesario capacitar expertos en educación y articular un trabajo con ellos para lograr “empaquetar” las capacidades y conocimientos requeridos para el trabajo con aspectos de CD/AA, combinando habilidades aprendidas por formación curricular con habilidades blandas y convertirlas en contenido educativo codificado claramente. Asimismo la definición de los contenidos claves a capacitar debe realizarse en conjunto entre diversas instituciones educativas, con la participación del sector productivo.

- En lo que refiere a los distintos niveles de capacitación requeridos, el contenido de las currículas deberá ser objeto de mayor estudio. Algunos aspectos a contemplar producto de los aportes recibidos:

Para Ciencia de Datos un aspecto importante es el conocimiento en Estadística. En Uruguay principalmente se lo encuentra en la Licenciatura en Matemáticas y en la formación de los Economistas. De manera complementaria desde la Informática, otro aspecto a contemplar es la Modelización (creación de modelos matemáticos de la realidad) más asociada al Pensamiento Computacional. Los dominios de aplicación incluyendo Procesamiento de Lenguaje Natural y Visión Artificial, entre otros, dependerán de los perfiles de los programas o intereses de los participantes. También desde la Informática importa contemplar la formación en Infraestructura de datos.

Para Aprendizaje Automático, se entiende que la formación que existe en Uruguay, a nivel universitario, es buena. Se sugiere profundizar la formación en Deep Learning.

Es necesario diseñar currículas con diferentes niveles de profundidad según el grado de especialización al que apunte la titulación, y debe contemplar las

necesidades de adaptación que demandan estas áreas tecnológicas en constante desarrollo.

#### *Iniciativas específicas y acciones*

Entre las acciones existentes se destaca La Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) que dispone en el área de Innovación de un apoyo denominado “Herramientas para la Innovación”. El llamado opera bajo la modalidad de ventanilla abierta y su cierre está sujeto a disponibilidad de fondos. Al mismo pueden acceder:

- Proyectos de contratación de expertos internacionales: Consisten en la contratación de expertos de nivel internacional, sean éstos nacionales o extranjeros, cuyos conocimientos y capacidades no se encuentren disponibles en el país, con el objetivo de asesorar a las empresas en la búsqueda de soluciones a problemas específicos de las mismas.
- Proyectos de circulación de talentos: Consisten en proyectos destinados a realizar estadias en centros tecnológicos, universidades extranjeras o empresas, con el fin de adquirir habilidades y conocimientos a ser aplicados en la empresa, facilitar el acceso y la transferencia de conocimientos y experiencia para la mejora de la competitividad de la empresa.
- Proyectos de contratación de profesionales: Consisten en la contratación de profesionales altamente calificados, con el objetivo de estimular y mejorar la capacidad tecnológica de las empresas, a través de la implantación y desarrollo de procesos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), que les permitan reforzar sus capacidades científicas y tecnológicas y potenciar su vinculación con la oferta de conocimientos disponibles en el sector científico tecnológico.
- Pasantías en las empresas: Consiste en financiar pasantías para el desarrollo de maestrías o doctorados en las empresas con el fin de: promover la tarea de investigación, desarrollo e innovación en el ámbito empresarial, facilitar la transferencia de proyectos de investigación originados en el sector académico en etapas previas al desarrollo, fomentar la inserción laboral de investigadores en el sector privado, y el desarrollo de actividades de vinculación de la empresa con la academia. Estos proyectos consisten en el desarrollo de la totalidad o una parte del proyecto de investigación del pasante en la empresa. No son consideradas para ser financiadas MBAs o similares.
- Becas para capacitación y desarrollo de empleados en las empresas: Consiste en financiar estudios de maestría o doctorado a profesionales que ya se encuentren trabajando en la empresa. Se busca promover la tarea de investigación, desarrollo e innovación en el ámbito empresarial y ejecutar actividades de vinculación de la empresa con la academia. No son consideradas para ser financiadas MBAs o similares.
- También en la perspectiva de corto plazo se debe fortalecer el proceso de formación continua dentro de las empresas para mantenerse actualizado en estos dominios de la tecnología tan dinámicas y fortalecer la articulación entre el hacer y aprender al mismo tiempo, dada la necesidad inmediata de mano de obra calificada.

Como iniciativas propuestas, que podrían ser complementarias entre sí, se destacan:





- Recurrir a capacitaciones abiertas disponibles en el exterior, (como por ej. la que brinda la Universidad de Stanford). Esta alternativa cobra fuerza en la medida que la definición del contenido de la formación por parte de las instituciones en el país y su implementación pueda llevar un tiempo, especialmente en el área de AA. Se puede acompañar dicha capacitación en el exterior con profesionales en el país, en un rol de soporte o tutoría.

- Pensando en la articulación de instituciones para la formación de una currícula acorde en estas áreas de conocimiento, la Facultad de Ingeniería de la UdelaR está procurando desarrollar un programa de maestrías en el que la etapa de la tesis sea realizada fuera, en la industria, trabajando sobre un problema real y con dedicación part-time. Se entiende que en nuestro país, esquemas de cooperación industria-academia-estudiante se han dado en muy pocos casos y es clave.

- En Uruguay hay una dificultad para retener los recursos formados en el país. Entre los expertos consultados se señala que no hay una conducta homogénea de las empresas del sector TIC respecto a la premiación / incentivo a profesionales por realizar y culminar Maestrías y Doctorados. Sí se paga más el disponer de un conocimiento aplicable al negocio. En general sí se aprecia un incentivo para que la persona se forme en la oportunidad de desempeñarse en un trabajo en el exterior.

- Uruguay deba competir con la región y el mundo para disponer y atraer a trabajadores calificados, lo que representa un desafío significativo a nivel nacional para el cual se deben desarrollar acciones concretas.

- Se requiere contar con incentivos nacionales, mejorando la disponibilidad de becas y el involucramiento directo de la empresa empleadora. Esto último no sólo a través de la flexibilidad, sino incluso abonando partidas compensatorias al funcionario. En necesario desarrollar este tipo de incentivo por parte de las empresas.

- Como una propuesta de shock para la formación a corto plazo, se incluye como Anexo II un aporte recibido por experto consultado en las instancias de relevamiento: Proyecto de impacto de capacitación en Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos.

## 2. Gestión de datos

La disponibilidad de datos adecuados constituye un aspecto fundamental para habilitar el desarrollo de CD/AA; por lo que es crítico el avance en dimensiones de trabajo que lo aseguren. Estas dimensiones son:

### 2.1. Datos colaborativos

Un ejemplo de acciones en esta línea se ha dado a través de la Infraestructura Nacional de Datos para la Gestión Ambiental (INDAGEA), en que a partir de una plataforma común se están tratando de compartir datos de monitoreo ambiental de diversas fuentes y formatos entre varias instituciones.

Otro ejemplo similar es la Infraestructura de [Datos Espaciales](#) o [Salud.uy](#) con proyecto de análisis y agregación de datos como el de la Historia Clínica Electrónica Nacional (HCEN), HCEO o RIDI.

#### *Recomendaciones*

- Es necesario un sistema de datos públicos colaborativo, un sistema de intercambio que con la legislación actual no está sucediendo. Este es un ambiente que hay que generar.
- Al momento a nivel nacional pocas empresas pueden aplicar análisis de datos a sus negocios. Por ello, pensando a futuro, es importante coordinar la disponibilidad de datos y promover formatos de asociatividad para compartir estos recursos. De esta manera es posible pensar en generar muchos más proyectos, y que de ellos se beneficien muchas empresas u organizaciones vinculadas a temáticas específicas (Por ej.: salud, clima). Un ejemplo en esta línea que aún no se ha desarrollado, es que los productores rurales dispongan de estaciones agrometeorológicas conectadas a internet. Los datos que surjan de allí pueden ponerse a disposición de los productores para evaluar aspectos climáticos que mejoren el desarrollo de sus actividades. Se considera clave promocionar este tipo de asociatividad o colaboraciones.

## 2.2. Gobernanza y política de datos

Es un aspecto clave para apuntalar una estrategia nacional de trabajo en el desarrollo, integración, acceso y divulgación de datos de calidad, y que los mismos contribuyan al crecimiento en áreas claves del país.

Otra cuestión problemática es que el manejo de datos de otras personas se debe hacer explicitando el contexto de privacidad y finalidad, los datos se pueden explotar para esa finalidad y no otra. Esto entra en tensión con la voluntad de explotar los datos con otro propósito, como la investigación y desarrollo de innovaciones en ámbitos de interés general (ej. Salud). Asimismo se presenta el desafío de tener que validar con usuarios que sus viejos datos puedan ser usados con otras nuevas finalidades y que muchas veces en la innovación no se saben exactamente cuáles serán.

#### *Recomendaciones*

- El marco jurídico uruguayo estipula la apertura de datos públicos en general. Es necesario entender hacia dónde evoluciona la política de datos y la necesidad de avanzar más hacia una política de datos abiertos, disponibles. Así es posible evitar el cracking de datos.
- Generación de una institucionalidad específica, tomando como ejemplo la existencia del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Hay también experiencias a nivel internacional como el [“Open Data Institute”](#) o [“The Alan Turing Institute”](#) impulsados por el Gobierno Británico. Es posible generar algún tipo de institucionalidad y es posible atraer inversión para dicho desarrollo, tanto a nivel de Bancos de Desarrollo como de actores locales. En paralelo es posible ir generando instrumentos de apoyo, por ejemplo fondos, que permitan ir creando una demanda de soluciones de CD/AA.





- Adecuar / actualizar el marco regulatorio que incentive el intercambio de datos ente actores para generar los ensayos adecuados afines al logro de desarrollos innovadores o nuevos conocimientos en áreas de interés. También evaluar las posibilidades de generar ambientes controlados de experimentación, bajo la forma de “Sandbox regulatorios”, campo de pruebas para nuevos modelos de negocio aún no protegidos por una regulación vigente, pero supervisados por instituciones regulatorias competentes.

- Otra dimensión a considerar son los datos que generan empresas privadas que tienen interés público. Esto no está muy desarrollado. Puede ser porque el marco legal no está habilitándolo, porque se percibe como una ventaja competitiva que no es tal, etc. Un ejemplo vinculado a la complejidad del trabajo sobre la gobernanza de datos es la dificultad de mantenerlos anonimizados, al compartirlos entre varias contrapartes.

- La Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información (AGESIC) está trabajando en regulación de los datos e interoperabilidad entre sistemas de diversos organismos. Por tal motivo es importante coordinar con dicha institución en base a lo ya hecho y los avances/desafíos regulatorios.

### 2.3. Tratamiento de datos / ética

Otra dimensión a contemplar, complementaria al acceso y divulgación de datos de calidad, es su tratamiento; factor clave para garantizar la transparencia; y cómo determinadas decisiones se toman a través de sistemas autónomos junto a sus implicancias éticas.

En el mercado local ya hay empresas referentes trabajando en aspectos éticos, en la auditoría de las soluciones propuestas por IA para realizar trazabilidad de la decisión de un algoritmo. Esto es algo que ya es una preocupación a contemplar para como parte del producto / servicios de aprendizaje automático a ofrecer a un cliente.

De AGESIC se está trabajando para el desarrollo de estándares de calidad para el uso de CD / AA en la Administración Pública.

#### *Recomendaciones*

- Se requiere clarificar y transparentar los mecanismos de tratamiento de la información a partir de los cuales se obtienen resultados.

- Se debe dar especial atención a aspectos éticos involucrados en desarrollos basados en CD/AA, dadas sus implicancias respecto al potencial de discriminación y sesgo en el tratamiento de las personas. Esto debe contemplarse tanto en proyectos que se definan a nivel nacional como en aquellos que sean resultado de instituciones internacionales de financiamiento.

- En ocasiones no se sabe si las tecnologías de CD/AA pueden servir para cierto tipo de problemas y/o son factibles de utilizar con los datos que se tienen. Esto requiere exploración, tiempo y supone riesgos que no todos están dispuestos a tomar. Es necesario incentivar a nivel del Estado este tipo de acciones, promoviendo la toma de riesgos, por ejemplo a través de herramientas concretas



de colaboración público-privada que permitan financiar pruebas de concepto en sectores estratégicos.

#### 2.4. Licenciamiento de datos

Vinculado a cuestiones de copyright, surgen a veces problemas al ignorar la condición de los datos. Por ejemplo, trabajar con datos de organismos asumiendo que son públicos cuando en realidad están protegidos bajo copyright. También hay situaciones, por ejemplo con el desarrollo de vehículos con conducción con diversos grados de autonomía, en que lo que se busca es hacer que el vehículo funcione, no publicar los datos que recaba.

##### *Recomendaciones*

- Es necesario clarificar la condición en que se generan los datos.

#### 2.5. Captura y registro de datos

Hoy en día se utilizan innumerables sensores para realizar relevamiento de datos. Se debe considerar también que en una perspectiva a 10 años, el desarrollo de la electrónica, sensores embebidos, en definitiva del Internet de las cosas será exponencial y está muy relacionado con nuestra temática de interés.

Falta conocimiento sobre las características que tienen que tener los datos para su tratamiento. Actualmente se requiere mucho trabajo de preparación de esa información: limpieza, etiquetado, etc. Incluso hay negocios que pagan muy bien la actividad de data cleaning.

##### *Recomendaciones*

- Se requiere generar sinergias para el aprovechamiento de los datos que surjan de este tipo de desarrollos.
- Es necesario trabajar para mejorar el tipo y formato de los datos disponibles para facilitar su uso posterior.

### 3. Aplicación / implementación de Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático

La bibliografía a nivel internacional identifica ciertos aspectos claves que es necesario contemplar en las empresas para que la incorporación de CD/AA sea exitosa:

- Ciencia de Datos<sup>32</sup>
  - Visión estratégica: ¿Para qué serán usados los datos y su análisis? ¿Cómo este enfoque generará valor? ¿Cómo será medido ese valor?
  - Definir una arquitectura para generar y recolectar datos, evaluando cuán incorporada está la digitalización y captura de información en procesos internos, de interacción con clientes, cadena de suministros, equipamiento, entre otros; y cuán flexible y adaptativo es el sistema con el que ya se cuenta

---

<sup>32</sup> McKinsey Global Institute (2016): [\*"The Age of Analytics: competing in a data-driven world"\*](#). McKinsey & Company.







- Adquirir competencias necesarias en Análisis de Datos (sean especialistas in / outsource).
- Capacitar al personal adecuado en la empresa, entre ellos ejecutivos y mandos medios, para incorporar un enfoque basado en Análisis de Datos a las estrategias de negocios.
- Crear una interfaz intuitiva para visualizar e integrar los datos a las decisiones diarias y generar indicadores de rendimiento que faciliten evaluar su eficiencia para fines de la empresa.
- Inteligencia Artificial<sup>33</sup>
  - Identificar casos de desarrollo de IA en negocios que puedan alinearse con la estrategia de la empresa, adquirir una visión realista de lo que ésta es capaz de hacer en un contexto real y específico y qué limitaciones tiene.
  - Delimitar un horizonte temporal para el testeo y aprendizaje de un ámbito de aplicación de IA, luego del cual se evalúen y vean posibilidades de escalar el trabajo a otras áreas.
  - Construir un ecosistema de datos: evaluar los datos que ya se disponen, que se pueden generar y posibles fuentes adicionales que permitan generar mejoras competitiva de mercado recurriendo a IA. Además se debe analizar las posibilidades de relacionar y combinar información de diferentes dominios que generen valor agregado y los tiempos necesarios de actualización.
  - Integrar el desarrollo de Inteligencia Artificial al (re)diseño organizacional y los procesos de trabajo. Para evaluar cómo aplicar esta tecnología según el tipo de actividades, hay que considerar dos criterios claves: 1) la complejidad de las tareas a realizar, 2) la complejidad de los datos y la información con que se trabajará (desde aquellos estructurados, estables y de bajo volumen a aquellos desestructurados, volátiles y de gran volumen). El cruce de ambas dimensiones determina variantes entre labores fácilmente sustituibles por IA para los que es necesario recalificar a la fuerza de trabajo en otras funciones y aquellos de gran complejidad, creatividad y poco predecibles, para los cuales la IA puede ser un instrumento que aumente las capacidades de toma de decisiones.<sup>34</sup>
  - Asimismo, la percepción entre los expertos consultados es que en el escenario actual en Uruguay falta profundizar más allá de destacar la importancia de contar con datos para sacarles valor agregado y monetizarlos.
  - Se plantea como ejemplo de aplicación de CD/AA la realización de cadenas de valor a través de sectores, algo que impulsa actualmente la Unión Europea a través de “[Digital Innovation Hubs](#)”.

### *Recomendaciones*

---

<sup>33</sup> McKinsey Global Institute (2017): “[Artificial Intelligence. The next digital Frontier?](#)” Discussion Paper. McKinsey & Company.

<sup>34</sup> **Accenture (2016):** “[Turning Artificial Intelligence into Business Value. Today](#)”.



- Necesidad de que tomadores de decisiones, usuarios y clientes entiendan de qué tratan CD/AA: qué es lo que se puede hacer con estas tecnologías y qué no, cual es el alcance que se le puede dar, qué tipos de preguntas puedo hacerle a los datos que tengo, aunque no sepa cómo se hace.

Es necesario profundizar en esta educación como forma de democratizar el acceso a este tipo de herramientas informáticas, al tiempo que permitiría ir generando un mercado que las demande. Esto a su vez puede facilitar la expansión a empresas nacionales que no sean del rubro TIC. Se destaca la importancia de que el Estado apoye este tipo de acciones.

- Formación de tomadores de decisiones, usuarios y clientes para que puedan definir y tener claro qué tipo de problemas tienen y quieren resolver. Según los expertos, el enfoque actual de los demandantes de CD/AA es que quieren aplicar este tipo de soluciones, tienen datos, pero no saben bien a qué aplicarlo. Como ejemplo se destaca el caso de ciertas convocatorias de ANII o CSIC que financian la búsqueda de soluciones a ciertos desafíos. En ellas, ha quedado en evidencia la dificultad de plantear correctamente los problemas que se quieren resolver y el tiempo de intercambio que requiere pensar y clarificar estas cuestiones.

- Se destaca la importancia de contar con un rol de catalizador, el desarrollo de habilidades blandas que articulen con la demanda para indagar y conocer qué es lo que se requiere y necesita. Las empresas de nuestro país, así como nuestros socios en el exterior tienen que tener la capacidad de poder interpretar las demandas de los clientes internacionales, saber cuáles son sus problemas o tener las herramientas para detectarlas. También se requiere saber qué es lo que solicitan otras empresas del rubro a las que queremos vender, para qué tipo de soluciones y facilitar así las estrategias de benchmarking necesarias.

- ¿Por qué no han surgido ciertos negocios donde ya hay datos disponibles?  
Se señala una dificultad para visualizar las demandas de esos datos (¿a quiénes les podría interesar?). También la capacidad de monetizar un desarrollo en torno a ciertos datos no es tan obvia (¿quién podría pagar para generar determinado desarrollo?). Actualmente hay ejemplos de iniciativas puntuales en que se cuenta con un conjunto de datos importantes pero que no son suficientemente explotados. Por ej: el Laboratorio de Energía Solar de la Facultad de Ingeniería (<http://les.edu.uy/>), (con origen dentro del Instituto de Física), dispone de datos que han facilitado el desarrollo de un mapa solar. El mismo podría ser utilizado en mayor medida por usuarios que desean implementar colectores solares de energía. Otro ejemplo es el aprovechamiento que se podría llevar a cabo de un mapa eólico que existe en nuestro país desde el año 1994.

- También es importante el desarrollo de instrumentos para facilitar la generación de soluciones, pensando en aquellas empresas que tienen claro que es lo que quieren o necesitan hacer. Como ejemplo, en el Consejo Sectorial de Diseño

del MIEM se cuenta con una herramienta para que las empresas que requieran contratar diseño puedan concursar para obtener fondos que faciliten dicha contratación. Se podría pensar en algo de estas características.





## Anexo II – Relevamiento de acciones en curso vinculadas a las líneas de acción

### Educación y Formación

Entre las herramientas existentes de recalificación y actualización continua en formación a trabajadores/as se destacan:

- [Inefop](#) – “Fortalecimiento de Empresas” y “Proyectos especiales (Trabajadores en Actividad)”,
- Uruguay XXI junto a Inefop- “[Finishing Schools](#)”.

### Atracción de Talentos

Los instrumentos disponibles orientados a la atracción de talentos del exterior al momento son:

- El [Plan de Atracción de Talento](#), de Uruguay XXI en coordinación con el Ministerio RR.EE. y Ministerio del Interior, cuyo objetivo principal es facilitar el acceso a residencias temporales de extranjeros en Uruguay.
- El portal [Smart Talent](#) de Uruguay XXI, sitio especializado en Servicios Globales que busca facilitar el empleo en empresas del sector tecnología del Uruguay para el mundo.
- Puesta en marcha del portal [Live in Uruguay en el marco del Proyecto 32 “Atracción de Talentos” del Plan Nacional de TPC](#). Sitio Web con información práctica que busca simplificar el arribo, la residencia, la formación y el trabajo de talentos calificados al Uruguay, así como las posibilidades de inversión en el país.

Las iniciativas en curso desarrolladas para fortalecer la articulación nacional con la diáspora calificada en el exterior en CD/AA son:

- Plataforma en desarrollo por el MEC – Dirección para el desarrollo de la Ciencia y el Conocimiento- para contactar a la comunidad científica de Uruguay en el exterior (lugares de residencia y descripción de áreas de trabajo).
- Vinculación con el Proyecto 34: “Vinculación con uruguayos destacados en el exterior” del Plan Nacional de TPC y sus acciones en curso.

### Investigación e Innovación

Entre los instrumentos de incentivo general a la I+D+i a nivel nacional se destacan:

- **Sistema de Incentivo Tributario**
  - o Beneficios tributarios a través de la [Ley N° 16.906](#) del 07/01/1998 de promoción y protección de inversiones en el territorio nacional (estableciendo la creación de la [Comisión de aplicación de la ley de inversiones](#) -COMAP-) y [Decreto 143/018](#) del 29/05/2018.
  - o Actualización del marco legal relativo a las exoneraciones del Impuesto a la Renta de las Actividades Económicas (IRAE) para la investigación y desarrollo



en las áreas de biotecnología, bioinformática y de servicios de desarrollo de soportes lógicos y vinculados (Software): [Ley N° 19.637](#) del 13/07/2018

- **Programas y Fondos**

- o Aquellos desarrollados a través de la [Agencia Nacional para la Investigación y la Innovación](#) (ANII)
- o MIEM-[Fondo Industrial](#): El Fondo Industrial es un instrumento que otorga fondos no reembolsables a empresas que presenten proyectos de inversión que promuevan el agregado de valor. Su objetivo es diversificar y tecnificar la estructura productiva nacional.
- o Aquellos desarrollados a través del [Centro de Extensionismo Industrial](#) (CEI)
- o [Programa Horizonte 2020](#) de la Unión Europea en las áreas de competencia en los tres pilares del programa: ciencia excelente, liderazgo industrial y retos sociales; gestionado en Uruguay por el MEC.

Entre los instrumentos disponibles a nivel sectorial se destacan:

- Fondos Sectoriales de [Educación](#)
- Fondo Sectorial de [Energía](#)

### Articulación Internacional

- Se identifica a la [Agenda Digital para América Latina y el Caribe \(eLAC 2020\)](#) como un ámbito privilegiado en el cual encauzar el intercambio regional para favorecer el libre flujo de datos entre países en el desarrollo de iniciativas de CD/AA de forma colaborativa.
- Un ejemplo de línea de acción a seguir de una red de carácter regional para promover el desarrollo de experiencias de investigación e innovación en CD/AA, es la Red Latinoamericana de Análisis de Datos Complejos (LADaC). Esta Red tiene como objetivo la creación de una red de centros de investigación interesada en las aplicaciones de nuevos modelos matemáticos en problemas de Ciencia de Datos, a efectos de potenciar las capacidades de análisis de cada uno de los centros adheridos. Por Uruguay participa el Centro Académico de Análisis de Big Data (CABIDA), en la órbita de la Facultad de ciencias, Universidad de la República.
- En la misma línea de trabajo, la propuesta de una regulación del Consejo y el Parlamento Europeo sobre un marco para el libre flujo de datos no personales dentro de la Unión Europea es un ejemplo de integración regional a explorar, principalmente por el potencial de desarrollo de la Economía Digital. Ver al respecto: "[Towards a common European data space](#)" COM/2018/232; [Guidance on sharing private sector data in the European data economy](#) SWD/2018/125; y [Propuesta de regulación](#) y Estudio "[Cross-border data flow in the digital single market: study on data location restrictions](#)"

### Aplicación a Sectores Productivos

Se destaca la capacidad de articulación con el Proyecto 40 "Programa de digitalización de PYMES del Plan Nacional de TPC que abarca diferentes aspectos, desde sensibilización, adecuación tecnológica, desarrollo y adaptación de procesos, productos y servicios y comercialización.



## Anexo III – Otros aportes a contemplar

Este Anexo contempla sugerencias y necesidades identificadas en el proceso de desarrollo de la presente Hoja de Ruta que escapan del contenido específico de una estrategia de trabajo focalizada en Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático.

Se identifican:

- La necesidad de fortalecer las capacidades de gestión de procesos de innovación en las Empresas Públicas nacionales.

Entre los expertos consultados se ha enfatizado en las dificultades existentes en las posibilidades de innovar, dado los tiempos necesarios para la adquisición de tecnología en casos donde lo que se quieren realizar son pruebas de concepto. También la falta de mecanismos que viabilicen destinar parte del presupuesto de las empresas públicas a innovar como parte de su estructura de gastos y la aversión al riesgo a innovar por las trabas jurídicas.

Además, se destaca la dificultad de articulación con privados para la realización de pruebas de concepto, que aun resultando exitosos, luego deben pasar por procesos de licitación abierta con otros competidores.

Frente a esto se recomienda:

- El desarrollo de procedimientos que faciliten reducir los tiempos involucrados en los procesos de adquisición de tecnologías, para realización de pruebas o introducción de innovaciones.
- Revisar la estructura disponible de presupuestación de gastos en las empresas públicas, habilitando partidas de inversión para innovación de alto riesgo. Esto es visto como forma de manejar de manera controlada, la aversión al riesgo a la innovación dentro de los procesos administrativos de dichas empresas.
- Instrumentar herramienta de Compra pública de innovación – instrumento aplicado desde 2014 en Unión Europea denominado “innovation partnership”. Evita que luego de hacer un prototipo con privado en etapa pre-comercial, no se tenga que hacer disclosure de propiedad intelectual del prototipo para hacer licitación a todos los interesados. Esta nueva forma de compra hace que tanto organismo como empresas pongan dinero para abordar desafío propuesto por organismo, y la(s) que queda(n) de estas últimas que sean competitivas en etapa pre-comercial pasan a compra directa.<sup>35</sup>
- Se sugiere desarrollar una política de acceso abierto a publicaciones científicas y datos derivados de investigaciones financiadas con fondos públicos, para permitir su reutilización con propósitos científicos y de innovación a través de infraestructuras digitales; contemplando la propiedad intelectual, así como otros aspectos jurídicos, organizativos y técnicos relevantes.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Se aporta también ejemplo de “[Retos México](#)” con montos limitados pero para la articulación de todo el ecosistema emprendedor.

<sup>36</sup> Ver como referencia [Recomendación de la Unión Europea relativa al acceso a la información científica y a su preservación \(2012/417/UE\)](#).



**UruguayNatural**

Torre Ejecutiva Norte, piso 6, oficina 609. Montevideo – Uruguay  
[transformauruguay.gub.uy](http://transformauruguay.gub.uy)