



GESTIÓN Y TENDENCIAS

Protección de datos personales: ¿Qué esperar tras la entrada en vigencia de la nueva ley?

Beatriz Mercado
Facultad de Economía y Negocios,
Universidad Alberto Hurtado.

Externalidades y bienes públicos: Alcance e importancia de las instituciones

Eduardo Saavedra P.
Facultad de Economía y Negocios,
Universidad Alberto Hurtado.

Computación estadística: Uso del lenguaje R básico para auditoría basada en evidencia estadística

Eduardo Leyton Guerrero
Facultad de Economía y Negocios,
Universidad Alberto Hurtado

Externalidades y bienes públicos: Alcance e importancia de las instituciones



Protección de datos personales: ¿Qué esperar tras la entrada en vigencia de la nueva ley?

Beatriz Mercado, Magíster en Gestión de Personas en Organizaciones de la Universidad Alberto Hurtado, Chile. Directora de carrera Gestión de Información, Bibliotecología y Archivística, Facultad de Economía y Negocios, UAH.
Correo electrónico: bmercado@uahurtado.cl

Si bien Chile fue pionero en América Latina al promulgar en 1999 la Ley 19.628 sobre Protección de la Vida Privada, con el auge de las tecnologías digitales las limitaciones de dicha ley se hicieron evidentes: falta de sanciones efectivas a la vulneración de las normas, ausencia de regulación del flujo transfronterizo de los datos personales, uso de datos para marketing directo sin autorización del titular, falta de registro de bases de datos privadas, ausencia de una autoridad pública de control, excepciones amplias al consentimiento para el tratamiento de datos y falta de mecanismos procedimentales de resguardo efectivo. (Viollier, 2017).

A fines de 2024, Chile dio otro paso en su alineación con estándares y experiencias internacionales en políticas públicas, al publicar la nueva ley de Protección de Datos Personales. La Ley 21.719 de 2024 (que entrará en vigencia el 1 de diciembre de 2026) es una actualización largamente esperada. A través de esta nueva normativa, Chile fortalece los derechos de los ciudadanos en materia de datos personales, establece un régimen de sanciones para quienes incumplan la ley y crea la Agencia de Protección de Datos Personales, un organismo clave para la supervisión y cumplimiento de la normativa. Sin embargo, uno de los aspectos

más destacados de esta nueva ley es su alineación con regulaciones internacionales como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea (Martínez, 2025).

El dato personal

Uno de los cambios más significativos que introdujo la nueva ley está centrada en la propia definición de dato personal sensible[1], estableciendo que tendrán esta condición aquellos datos personales que se refieren a las características físicas o morales de las personas o a hechos o circunstancias de su vida privada o intimidad, que revelen el origen étnico o racial, la afiliación política, sindical o gremial, la situación socioeconómica, las convicciones ideológicas o filosóficas, las creencias religiosas, los datos relativos a la salud, al perfil biológico humano, los datos biométricos, y la información relativa a la vida sexual, a la orientación sexual y a la identidad de género de una persona natural (Ley No. 21719, Art. 1).

De forma consistente con los avances de la ciencia y la tecnología, las características de biométricos y genéticos quizás sean las más novedosas de esta definición de dato personal. En su esencia, los datos biométricos son conjuntos de información que se generan a

de características únicas y medibles del cuerpo humano o de su comportamiento. Estos datos se recogen a través de tecnologías especializadas para su posterior análisis y uso, utilizándose principalmente para la identificación y autenticación de individuos en una amplia variedad de contextos. Entre los datos biométricos más clásicos es posible mencionar las huellas dactilares, el reconocimiento facial, la retina y escaneo de iris e, incluso, la geometría de la mano. Sin embargo, hay otros datos biométricos menos comunes pero que ya se están utilizando en múltiples tecnologías y que se podrían denominar como “conductuales”. Entre ellos, la dinámica de la firma, es decir, no solo la forma de la firma, sino también cómo una persona firma (velocidad, presión, etc.); también son un dato biométrico los patrones de tecleo (velocidad y el ritmo que una persona utiliza al teclear en un teclado) y el reconocimiento de voz, que va más allá del simple reconocimiento del habla y analiza patrones acústicos y tonales que son únicos para cada individuo (Signaturite Group, 2025).

Por otra parte, los datos genéticos son aquellos que, obtenidos de un examen biológico, permiten conocer las características genéticas de una persona, heredadas o adquiridas[2], así como información única sobre sus cualidades fisiológicas o salud.

[1] Aquel que afecta la esfera más íntima de una persona y cuya utilización indebida puede dar lugar a discriminación o conllevar un riesgo grave para el titular.

[2] Las características genéticas adquiridas son cambios en la estructura o función de un organismo que ocurren durante su vida debido a factores ambientales, como la exposición al sol o el ejercicio físico.

En general, estos datos se obtienen por análisis de muestras y los más comunes son el análisis cromosómico, el análisis del ácido desoxirribonucleico (ADN) o del ácido ribonucleico (ARN). Si bien estos datos podrían incluirse perfectamente dentro de la categoría más amplia de “datos relativos a la salud”, la distinción es importante, ya que permiten, por ejemplo, determinar de qué países provienen los ancestros de una persona.

El consentimiento

El texto de la nueva Ley 21.719 define el consentimiento como una manifestación de voluntad libre, específica, inequívoca e informada, otorgada mediante declaración o clara acción afirmativa. Esto implica que quien pide el consentimiento debe asegurar que el individuo que va a proporcionar sus datos entienda el propósito, la base legal, destinatarios, plazos de conservación y sus derechos antes de otorgar su consentimiento. Cabe señalar que, como se mencionó anteriormente, la Ley 19.628 sobre Protección de la Vida Privada no contiene una definición explícita de consentimiento, una de sus principales debilidades.

“Uno de los ejes centrales de la nueva ley es el fortalecimiento efectivo de los derechos de los titulares de datos, permitiendo que las personas no solo sepan qué información se utiliza sobre ellas, sino que también puedan controlar su uso, exigir transparencia y tomar decisiones informadas respecto de su propia información personal”

Así, el consentimiento debe otorgarse mediante una acción afirmativa y un lenguaje claro (por ejemplo: marcar una casilla no pre-marcada, firmar un formulario, presionar “Acepto”). Para esto, los textos deben ser breves, específicos y comprensibles y se debe evitar el “consentimiento empaquetado” para múltiples finalidades. De igual forma, la revocación del consentimiento debe ser posible en cualquier momento, sin expresión de causa y por medios expeditos equivalentes a los de otorgamiento. Lo anterior no tiene efecto retroactivo sobre tratamientos ya efectuados lícitamente, pero obliga a cesar los posteriores basados en ese consentimiento (KPMG Auditores Consultores Limitada, 2025).

Por otra parte, es vital el registro y evidencia del consentimiento. La trazabilidad permitirá demostrar cumplimiento ante la autoridad y facilitará responder a las personas, por lo que se exige conservar evidencia suficiente del consentimiento: identidad del titular, fecha/hora, canal, versión del aviso mostrado y alcance (KPMG Auditores Consultores Limitada, 2025).

Derecho de acceso y portabilidad

La nueva ley refuerza significativamente los derechos de los titulares de datos personales en términos de acceso a sus propios datos, permitiendo a los ciudadanos/as conocer qué información personal se está tratando, con qué finalidad y quiénes son sus destinatarios.

Para ejercer este derecho, es necesario presentar una solicitud formal al responsable del tratamiento, quien debe responder en un plazo de 30 días corridos. Este fortalecimiento de la transparencia busca garantizar que las personas puedan supervisar y validar el uso de su información (Legal Prisma, 2024).

Otra de las novedades más relevantes de esta legislación es el derecho a la portabilidad de los datos. Esto significa que los titulares pueden solicitar la transferencia de su información personal a otro responsable del tratamiento en un formato estructurado y de uso común. Este derecho resulta especialmente útil en sectores como telecomunicaciones, servicios financieros o tecnología, donde las personas suelen cambiar de proveedor y necesitan trasladar su información sin perderla. Es importante destacar que, si el titular desea que sus datos sean eliminados del sistema una vez portados, debe realizar la solicitud de forma conjunta con la portabilidad (Legal Prisma, 2024).

Medidas de seguridad

En la nueva ley, las medidas de seguridad son los procedimientos y controles administrativos, técnicos y físicos que deben implementar las

organizaciones para proteger los datos personales contra el acceso, pérdida, alteración o tratamiento no autorizado. Estas medidas son proporcionales a los riesgos identificados y garantizan la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos.

Las medidas técnicas implican el uso de tecnología para proteger la información, como el cifrado de datos, el control de acceso mediante contraseñas o la implementación de firewalls y sistemas de detección de intrusiones. Por otra parte, las medidas organizativas incluyen la creación de políticas y normativas internas para el manejo de datos, la clasificación de la información según su criticidad y la capacitación del personal. Finalmente, las medidas físicas se refieren a la protección de los espacios físicos donde se almacenan o procesan los datos, como el control de acceso a las instalaciones y la custodia de documentos en papel (Twind, 2025).

Lo anterior implica obligaciones clave para las organizaciones como la seguridad desde el diseño, es decir, la privacidad y la seguridad deben considerarse desde el inicio del diseño de cualquier sistema o proceso que trate datos personales y no como una adición posterior. Por otra parte, la ley exige que las medidas sean “apropiadas”, es decir, que se basen en una evaluación de riesgos y se adecuen a factores como el tipo de datos (especialmente los sensibles), el volumen, la finalidad y los costos de aplicación.

Adicionalmente, las medidas deben asegurar que los sistemas puedan recuperarse de incidentes y seguir operando de manera segura. Por supuesto, el manejo de incidentes es otro tema clave, ya que las organizaciones están obligadas a notificar incidentes de seguridad que afecten los datos personales y a tomar las medidas necesarias para mitigarlos (Twind, 2025).

Notificación de incidentes

En efecto, uno de los ejes centrales –y también uno de los más desafiantes– es la obligación de notificar las brechas de seguridad que puedan poner en riesgo los datos personales. Comprender esta exigencia y prepararse adecuadamente no es sólo es una cuestión de cumplimiento legal, sino que, además, constituye un paso clave para fortalecer la confianza digital.

La ley define la brecha de seguridad como cualquier incidente que comprometa la seguridad de los datos personales, afectando su confidencialidad, integridad o disponibilidad. Es decir, cualquier situación que ponga en riesgo el resguardo adecuado de la información de las personas. Estos incidentes pueden adoptar distintas formas, tales como accesos no autorizados a bases de datos o sistemas que contienen datos personales, filtraciones o fugas de información, pérdida o robo de dispositivos con información almacenada (laptops, discos duros, pendrives, etc.), ciberataques (ransomware, phishing, malware) y eliminación accidental de datos críticos (Datlia, 2025).

En estos casos, la ley exige que el responsable del tratamiento de los datos deberá reportar a la Agencia de Protección de Datos Personales, “por los medios más expeditos posibles y sin dilaciones indebidas”, las vulneraciones a las medidas de seguridad que ocasionen la destrucción, filtración, pérdida o alteración accidental o ilícita de los datos personales que trate o la comunicación o acceso no autorizados a dichos datos. Esta comunicación deberá realizarse en un lenguaje claro y sencillo, singularizando los datos afectados, las posibles consecuencias de las vulneraciones de seguridad y las medidas de solución o resguardo adoptadas. La notificación se deberá realizar a cada titular afectado y si ello no fuere posible, se realizará mediante la difusión o publicación de un aviso en un medio de comunicación social masivo y de alcance nacional (Datlia, 2025).

¿Y si no se cumple? La Ley 21.719 establece un régimen sancionatorio progresivo, y omitir las comunicaciones o los registros en los casos de vulneración de las medidas de seguridad establecidas constituye una infracción grave cuyas multas pueden alcanzar las 20.000 UTM, especialmente cuando exista negligencia en la gestión de la seguridad (Datlia, 2025).

En este contexto es que cobra mayor relevancia el Delegado de Protección de Datos (DPO), una nueva figura incorporada en la Ley 21.719 que, pese a no ser obligatoria en todos los casos, sí altamente recomendada, ya que, en la práctica, el DPO se convierte en el elemento clave para garantizar el cumplimiento de la ley, actuar como enlace con la Agencia de Protección de Datos,

gestionar consultas o reclamos de los titulares de datos y ser un atenuante de responsabilidad ante incidentes de seguridad (Carey, s.f.).

¿Por qué dos años de implementación?

El estado actual en el tema plantea desafíos que van más allá de la mera implementación de una ley. Por un lado, la creación de una Agencia de Protección de Datos Personales como entidad de control implica no solo garantizar su independencia, sino también dotarla de recursos suficientes y personal altamente capacitado. Esta agencia debe ser capaz de monitorear y sancionar de manera efectiva, lo cual representa un desafío logístico y político considerable (Lara, 2025).

Por otro lado, y tal como lo expresa Lara (2025), “la regulación enfrenta la tarea de adaptarse a un ecosistema tecnológico que evoluciona a un ritmo vertiginoso. Tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y la biometría están redefiniendo los límites de lo que consideramos una intrusión aceptable en nuestra autonomía, nuestra vida privada y el control sobre nuestro propio cuerpo. Por ejemplo, la utilización masiva de datos biométricos en sistemas de autenticación plantea interrogantes sobre el alcance y la seguridad de estas prácticas. Asimismo, el creciente uso de algoritmos para procesar grandes volúmenes de datos personales introduce riesgos significativos en términos de discriminación algorítmica y falta de transparencia”.

Esta actualización normativa no es menor y es necesario tomarle el debido peso; representa el cambio más importante en esta materia desde la Ley 19.628 de 1999. Implica un rediseño completo del enfoque legal y operativo con el que las organizaciones deben tratar los datos de sus usuarios, clientes y colaboradores.

Por ejemplo, uno de los desafíos más relevantes para las organizaciones es el desconocimiento de la localización y volumen de los datos personales que maneja. Esto abarca desde sistemas internos y bases de datos hasta correos electrónicos, documentos compartidos o respaldos en la nube. Realizar este levantamiento no es una tarea sencilla ni mucho menos de rápida ejecución. Se tiene que recorrer cada una de las áreas en búsqueda de tratamiento de datos personales (Ortiz, 2025).

Otro gran desafío es la falta de trazabilidad del ciclo de vida de los datos. Las organizaciones no solo deben identificar dónde están los datos personales, sino también tener control sobre lo que ocurre con ellos a lo largo del tiempo. En muchos casos, una vez que los datos ingresan a la organización -por ejemplo, desde un formulario o una plataforma- no existe claridad sobre quién los usa, si se comparten con terceros, si se actualizan, cuánto tiempo se conservan o en qué momento deberían eliminarse. Esta falta de trazabilidad del ciclo de vida del dato genera un riesgo importante: dificulta cumplir con los principios de la ley, y también impide responder de manera ágil ante incidentes o solicitudes de los titulares (Ortiz, 2025).

Por lo anterior, a la fecha, cualquier, institución, organización o empresa que trate datos personales debiera, al menos, estar centrado en las acciones detalladas en la Figura 2.



Fig. 1: Funciones y perfil del Delegado de Protección de Datos (DPO)
Fuente: (Carey, s.f.)

Ámbito	¿Por qué es clave?
Auditoría de datos	Saber qué datos personales se recolectan, cómo y para qué.
Actualización de políticas de privacidad	Deben ser claras, accesibles y adaptadas a la ley.
Consentimiento informado	El consentimiento ya no puede ser tácito o general.
Contratos de terceros	Verificar que los proveedores también cumplen con la ley.
Designación de un DPO	Es obligatorio para ciertos tratamientos o volúmenes de datos.
Gestión de Incidentes	Tener un protocolo para detectar y reportar brechas.

Fig. 2: ¿Qué deberían estar haciendo hoy las empresas?
Fuente: (Tysec, 2025)

Referencias

1. Carey. (s.f.). Importancia del "Delegado de Protección de Datos" en una organización. Obtenido de Carey: <https://protecciondedatos.carey.cl/importancia-del-delegado-de-proteccion-de-datos-en-una-organizacion/>
2. Datlia. (14 de Abril de 2025). Ley 21.719: ¿estás preparado para notificar una brecha de seguridad? Obtenido de Datlia Abogados Digitales: <https://datlia.com/ley-21719-estas-preparado-para-notificar-una-brecha-de-seguridad>
3. KPMG Auditores Consultores Limitada. (2025). Consentimiento en la nueva Ley de Protección de Datos: enfoque práctico y recomendaciones de implementación. Obtenido de KPMG: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/cl/pdf/2025/10/kpmg-guia-practica-consentimiento.pdf>
4. Lara, J. C. (28 de Enero de 2025). Los desafíos de la nueva Ley de Protección de Datos Personales. Obtenido de Ciper: <https://www.ciperchile.cl/2025/01/28/los-desafios-de-la-nueva-ley-de-proteccion-de-datos-personales/>
5. Legal Prisma. (22 de Diciembre de 2024). Derechos de los ciudadanos bajo la nueva Ley de Protección de Datos Personales en Chile. Obtenido de Legal Prisma: <https://www.legalprisma.cl/nueva-ley-de-proteccion-de-datos-personales/#:~:text=Para%20ejercer%20este%20derecho%2C%20es,el%20uso%20de%20su%20informaci%C3%B3n.>
6. Martínez, C. (12 de Marzo de 2025). Ley 21.719: El desafío de Chile para alinearse con los estándares globales de privacidad. Obtenido de Infogate: <https://infogate.cl/2025/03/ley-21-719-el-desafio-de-chile-para-alinearse-con-los-estandares-globales-de-privacidad/>
7. Ortiz, P. (18 de Julio de 2025). Cuatro desafíos que las empresas están enfrentando en la implementación de la ley de protección de datos personales. Obtenido de Forbes Chile: <https://forbes.cl/red-forbes/2025-07-18/cuatro-desafios-que-las-empresas-estan-enfrentando-en-la-implementacion-de-la-ley-de-proteccion-de-datos-personales>
8. Signaturite Group. (21 de Marzo de 2025). Datos biométricos, ¿qué son, qué tipos hay y cómo se protegen? Obtenido de Signaturite Group: <https://www.signaturit.com/es/blog/que-son-datos-biometricos/>
9. Twind. (6 de Febrero de 2025). Ley de Protección de Datos Personales en Chile (Ley 21.719): todo lo que debes saber. Obtenido de Twind: <https://twind.io/mx/ley-de-proteccion-de-datos-personales-en-chile-ley-21-719-todo-lo-que-debes-saber/#:~:text=Seguridad%20y%20privacidad%20desde%20el,minimizar%20la%20recolecci%C3%B3n%20de%20datos.>
10. Tysec. (29 de Julio de 2025). Protección de Datos Personales en Chile: ¿estás realmente preparado para lo que viene? Obtenido de Tysec: <https://www.tysec.cl/post/proteccion-de-datos-personales-en-chile-est%C3%A1s-realmente-preparado-para-lo-que-viene>
11. Viollier, P. (2017). El estado de la protección de datos personales en Chile. Derechos Digitales. Obtenido de <https://www.derechosdigitales.org/wp-content/uploads/PVB-datos-int.pdf>



Externalidades y Bienes Públicos: Alcance e Importancia de las Instituciones*

Eduardo Saavedra P., Decano Facultad de Economía y Negocios, UAH. Profesor Asociado del Departamento de Economía e Investigador Asociado del Centro Interdisciplinar de Políticas Públicas (CiPP), UAH. PhD en Economía por la Universidad de Cornell, Estados Unidos.
Correo electrónico: saavedra@uahurtado.cl

Existen diferencias fundamentales en las condiciones de asignación de recursos en bienes privados versus aquellas de los bienes públicos, siendo estos un extremo de las llamadas externalidades en el consumo. Explicamos en este ensayo cuatro resultados que son propios de la teoría de los bienes públicos y las externalidades. Destacamos la relevancia de las instituciones cuando los costos de transacción y las asimetrías de información son importantes, así como el rol crucial del mercado cuando dichos costos y asimetrías no son relevantes. En el primer caso, sin intervención pública, y por ende con la libre operación de los mercados, nos enfrentaremos en general a externalidades no resueltas y a una subprovisión de bienes públicos.

1. Asignación Óptima de Recursos en Bienes Privados

Podemos comenzar este análisis con una breve definición de lo que en economía se considera un bien privado. Nos referimos a aquellos para los que los beneficios originados en su consumo son apropiados totalmente por el consumidor directo de los mismos. Es decir, que estos beneficios son exclusivos y se agotan inmediatamente después que un individuo hizo uso del bien.

Como explicamos enseguida, la rivalidad en el consumo y el principio de exclusión son fundamentales para la economía de mercado. Estas características permiten que el sistema de precios asigne eficientemente los recursos de la economía. La manera en la que operan es la siguiente. A los efectos de producir una mercancía (bien o servicio), se ponen en acción insumos que deben ser remunerados, determinándose el costo de producir cada unidad marginal de un bien. Llevado al mercado, el producto es transado a cambio de un precio que debe cubrir dicho costo. Cuando los bienes son privados y, por lo tanto, sólo otorgan satisfacción a su consumidor directo —rivalidad en el consumo— y éste puede ser claramente identificado —principio de exclusión—, resulta evidente que quién debe cubrir el pago del precio fijado por las condiciones tecnológicas o costos de producción o debe ser ese mismo sujeto.

El ejemplo más simple es el de los alimentos. Si un sujeto se come una manzana, agota todos los beneficios nutritivos que ésta otorga, disfruta en exclusividad de su sabor, quedando inequívocamente establecido quién se benefició de la manzana, por lo que no hay dudas sobre quién debe pagarla. En dicho contexto, consumirán un determinado bien privado todos aquellos sujetos cuyas

valoraciones de este estén por encima o sean idénticas al precio que el mercado le impuso. Si cada manzana vale quinientos pesos, comprarán manzanas todos los que la valoran en eso o más. La valoración proviene de la satisfacción que la mercancía produce y ésta suele ser decreciente a medida que se consumen unidades adicionales. Para graficar esto basta con reconocer que el cuarto vaso de agua consecutivo le quita mucha menos sed al consumidor que el primero, por lo que se lo valorará menos que éste. Como consecuencia, el concepto relevante para la decisión de consumo es el de la valoración marginal del bien. Concluimos la discusión, entonces, con un resultado central de la teoría económica: [1]

Resultado 1: La regla de oro de los bienes privados consiste en que la asignación eficiente de recursos se alcanza cuando el costo marginal de producción es igual a la valoración marginal de los consumidores.

2. Externalidades en la Producción y el Consumo

Nótese que en prácticamente todos los actos económicos que desarrolle un individuo, generará y se verá afectado por "externalidades", es decir por efectos de la conducta de un individuo que recaen sobre otras personas sin que el primero sea

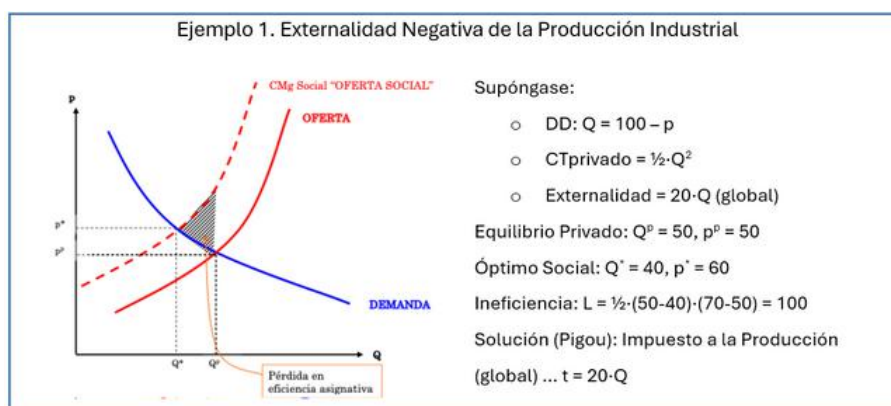
*Trabajo originalmente preparado en el marco del proyecto Regulación Eléctrica, financiado con donación de Gener S.A. a la Universidad Alberto Hurtado en el año 2000, y cuyo objetivo era ordenar el debate en lo que concierne a bienes públicos versus bienes privados en el marco de una serie de conflictos propios del sector eléctrico. Agradezco los comentarios de Alex Galetovic y Juan Carlos Olmedo a la primera versión, así como la asistencia de José Luis Actis. No obstante, la responsabilidad por las adecuaciones hechas a dicho trabajo, así como las opiniones y los posibles errores en esta versión son sólo atribuibles al autor.

[1] Cualquier texto básico de microeconomía puede complementar a este trabajo. Cito dos usados en cursos de microeconomía en pregrado: Frank (2005) y Mankiw (2017). En particular a los temas de externalidades y bienes públicos, elementos centrales de este ensayo, puede verse los capítulos 17 y 18 del primero y los capítulos 10 y 11 del segundo.

recompensado por los beneficios que produjera o, alternatively, sancionado por los daños o pérdidas que ocasionara. El hecho que se generen estos efectos parece inevitable toda vez que la economía es un fenómeno social y se basa en la interacción de los agentes. Por lo tanto, es de esperar que la acción de una persona tenga repercusiones sobre otras. Esto nos lleva a enfatizar, no obstante, que el que se generen estas externalidades no nos debe hacer pensar que necesariamente se produce una injusticia o un daño al criterio de eficiencia perseguido.

A tal efecto, es importante la distinción entre externalidades pecuniarias y tecnológicas. Las primeras se refieren a los efectos externos originados en modificaciones en los precios de mercado. Si la moda impone que repentinamente la demanda de un determinado producto se incremente, cada persona que se decide a consumir dicho bien está contribuyendo a que su precio aumente, perjudicando a otro individuo que desea el mismo bien y que, ahora, deberá pagar un precio más alto. Esta "externalidad pecuniaria" sucede constantemente, pero no indica la necesidad de intervención alguna en la asignación que el mercado determina.

En cambio, cuando se produce una "externalidad tecnológica"; esto es, cuando la conducta de una persona afecta de manera material las posibilidades de consumo y/o producción de otros agentes económicos, la asignación que entrega el mercado ya no es óptima y debe ser revisada. La contaminación de las aguas, es el ejemplo clásico. Si una industria arroja desechos contaminantes al cauce de un río, cuya agua se utiliza para el riego de chacras productoras de hortalizas, es muy probable que la calidad de estos productos se deteriore. Allí es necesario un mecanismo que lleve a internalizar los costos de dicha acción a quien generó el efecto externo, lo que Pigou proponía hace casi un siglo era imponer un impuesto a la producción (ver Ejemplo 1).



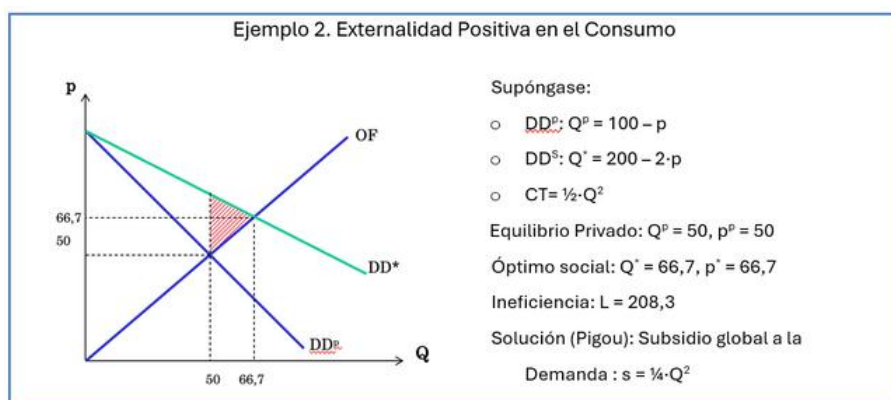
En materia de consumo, consideremos a la persona que disfrutaba de su manzana unos párrafos más arriba y ubiquémosla en un recinto cerrado y junto a un individuo que prefiere saborear un cigarro. El primer sujeto, seguramente, ya no puede disfrutar del sabor genuino de su manzana por cuanto el humo generado por el otro sujeto altera su olfato y su gusto. Estamos frente a un claro efecto externo negativo en el consumo del cigarro sobre el de la manzana. Nótese la diferencia central respecto al caso de los bienes privados. El consumo directo del bien que genera efectos externos (fumar ese cigarro) impide agotar los beneficios y costos de tal acción. Además del provecho que el consumidor directo gozó del bien, quedaron otros factores liberados para su "consumo indirecto" por parte de otros sujetos. Es decir que, el consumo directo no reviste el carácter de exclusivo, por el contrario, no rivaliza con el consumo indirecto que otros sujetos puedan realizar del bien. Es claro que en el caso del cigarro y la manzana, el consumo indirecto es uno no preferido por cuanto en lugar de causar bienestar genera malestar. En este caso es también evidente que una solución a esta externalidad negativa sería restringir el consumo de cigarros o, como propondría Pigou, imponer un impuesto a su consumo.

Hay otros casos en que el consumo de un determinado bien genera externalidad positiva en otros consumidores, por lo cual la solución de Pigou es restablecer el óptimo social entregando un subsidio al consumo (es decir a la demanda). Visto que los beneficios del suministro de una unidad de este tipo de bienes no se agotan en los que obtiene su consumidor directo, surge el problema de cómo determinar su provisión eficientemente y quién pagará el precio de la mercancía. En cuanto a la provisión eficiente, Samuelson (1954) estableció el siguiente resultado.

Resultado 2: A fin de obtener la valoración marginal de cada bien, se deberá sumar algebraicamente las valoraciones de todos los individuos a los que los efectos del consumo —directos y externos— han alcanzado, sean positivas o negativas. Contraponiendo la suma de valoraciones (sociales) al costo marginal (social) de producción se tendrá el nivel de provisión socialmente óptima.

Lamentablemente, el mercado por sí solo no brindará este resultado eficiente. En otras palabras, el resultado de Samuelson es matemáticamente impecable al determinar la provisión eficiente de un bien o servicio bajo condiciones de externalidad, pero carente de toda realidad. En efecto, los consumidores no revelarán su deseo a pagar y se producirá un efecto polizón (free rider). Sobre este último punto, volvemos a discutirlo en la sección 3 de este trabajo. Quien compre el bien pagará de acuerdo a su propia valoración sin considerar la valoración de los demás. Por lo tanto debe generarse algún mecanismo ajeno al mercado para lograr la producción eficiente.

El Ejemplo 2 ilustra el caso de un servicio privadamente inviable, en donde la solución planteada por Pigou hace casi 100 años fue incentivar el consumo —la demanda— por la vía de subsidiar cada unidad comprada de forma de hacer coincidir la demanda privada con la demanda social por el bien. Para que esta solución sea factible, debemos explicitar un supuesto fundamental: alguien —alguna entidad pública— conoce la disposición a pagar de todos los consumidores, de modo que puede calcular la suma de dichos deseos a pagar y así generar la demanda social por el bien.



Ronald Coase (1960), aportó un mecanismo para solucionar problemas de externalidades sin la necesidad de intervención del gobierno. Su conclusión es que cualquiera fuera la asignación inicial de derechos de propiedad, el resultado final será eficiente, siempre y cuando no tenga costo para las partes llegar a un acuerdo y aplicarlo. [2] Coase establece así que las fuerzas de mercado presionarán para que los efectos externos tiendan a internalizarse en los cálculos de beneficios y costos de alguna de las partes involucradas. Sin embargo, un aspecto no revisado por Coase es la existencia de asimetría de información.

En el caso del Ejemplo 1, si nada impide que la industria pueda tirar sus desechos al río, los agricultores podrán pagarle por no hacerlo; o bien, si las chacras tienen derecho a agua no contaminada la industria podrá pagarles para que le permitan contaminar. El resultado final —si se contamina o no el río— dependerá de quién valore más el efecto externo, si la producción industrial tiene un valor mayor que las hortalizas, la industria tirará los desechos, ya sea pagando o no según quién posea los derechos inicialmente. Este resultado es eficiente y sólo discutible desde el punto de vista de la justicia distributiva. Caso contrario, si el valor de las hortalizas fuera mayor que el de la industria, cualquiera que fuese la asignación del derecho de propiedad sobre el río, la industria cerrará o buscará tratar sus residuos. En síntesis, asignados claramente los derechos desde un inicio, las partes negociarán hasta agotar las posibilidades de obtener beneficios recíprocos, llevando a un resultado eficiente (ver Ejemplo 3, columna izquierda).

Ejemplo 3. Externalidad Recíproca y Teorema de Coase	
SIN COSTOS DE TRANSACCIÓN	CON COSTOS DE TRANSACCIÓN
Supuestos Básicos $\Pi_i = 40, \Pi_A = 60$ (limpio) o $0 \rightarrow E = 60$ - I puede tratar sus residuos a un costo $Cr = 30$ Solución Privada - Si derechos son de A $\rightarrow$ I paga 60 al A, cierra o trata sus residuos ... como $Cr < \Pi_i < E$, I produce y obtiene $\Pi_i - Cr = 10$ de beneficio - Si I adueña derechos $\rightarrow$ A lo compensa en p para que trate sus residuos, $30 < p < 60$ $\rightarrow$ Beneficio total es $\Pi_i + \Pi_A = 70$, independiente de asignación de los derechos ... privados resuelven las externalidades eficientemente, sin necesidad de intervención externa	Ct > 0 y Relevancia de las Instituciones $\Pi_i = 40, \Pi_A = 60$ o $0 \rightarrow E = 60$; $Cr = 20$ - Si negocian, $Ct = 35$ - Si derechos son de A $\rightarrow$ I trata sus residuos y obtiene $\Pi_i - Cr = 10$, $\Pi_A = 60$ y el beneficio total es $\Pi_i + \Pi_A = 70$ - Si I adueña derechos $\rightarrow$ A compensa a I en p para tratar sus residuos, $30 < p < 60$, pero como $Ct = 35 > 30$, la negociación es infructuosa ... A no produce y el beneficio total es sólo $\Pi_i = 40$ $\rightarrow$ La institucionalidad es relevante para la eficiencia en la asignación de recursos (mayor beneficio total)

Es importante mantener presente, no obstante, que para llegar a este resultado se supuso derechos asignados inambigüamente y negociación sin costo relevante, lo que no siempre ocurre. En tal caso, se precisa de la acción directa del gobierno para corregir las distorsiones generadas por estas externalidades. Continuando con el ejemplo sencillo de la industria y el agricultor, la columna de la derecha del Ejemplo 3 muestra esta relevancia de las instituciones cuando los costos de transacción son importantes.

La solución con externalidades sobre el consumo es similar. Supongamos que las reglas de una sala en donde se encuentran un fumador y un naturista prohíben fumar. Entonces el naturista tiene la opción de hacer expulsar al fumador o cobrarle el perjuicio que le ocasiona si este último fuma. Si la valoración del perjuicio del primero es menor que lo que valora el segundo continuar en el lugar, se realizará la transferencia y ambos mejorarán su bienestar. Para mayor claridad, trabajemos el siguiente ejemplo. El naturista consume su comida en el mismo sitio que la persona que desea fumar. Supongamos que el primer sujeto valora su consumo en \$800 si el ambiente está sin humo de cigarro, pero sólo en \$100 si alguien fuma en la misma sala; mientras que el segundo sujeto valora fumar en \$1.000. Es claro que siguiendo a Pigou, un juez de polía local le ordena al fumador a compensar al otro sujeto por el valor de la externalidad, esto es por un monto de \$700. Bajo esta suerte de impuesto pigouviano, la sociedad gana \$1.100 pero ha requerido del poder coercitivo del Estado para imponer un impuesto correctivo, cuyas condiciones mínimas son que esté muy bien informado de las valoraciones que tienen sujetos privados y además es muy eficiente compensando a los afectados por la externalidad.

Coase se cuestiona la necesidad de dicha figura pública por: (i) existe una naturaleza recíproca en la externalidad, ya que el fumador afecta al naturista, pero impidiéndole o cobrándole por fumar se le impone una externalidad al fumador y (ii) las partes libremente llegarán al mismo resultado en términos de valor social sin intervención pública. En términos de Coase el ejercicio es muy simple, si el Estado, vía una ley especial o a la decisión de un juez, determina que el derecho de propiedad sobre el aire es para el naturista, éste podría comer y el fumador deberá negociar con él para que le permita fumar. Cualquier negociación sin costo de transacción llevará a un precio P que no puede ser mayor que \$1.000 —porque esa es la valoración del fumador— ni menor que \$700 —porque esa es la externalidad del humo que produce fumar—. Cualquiera sea dicho precio, el fumador gana $\$1.000 - P$ y el naturista gana $\$100 + P$. La suma de ambas valoraciones es exactamente igual a \$1.100. Si, por el contrario, ya sea la ley o el juez de policía local permite fumar en cualquier parte, por lo que se le ha asignado el derecho del aire al fumador, éste fumará y ganará \$1.000 y el naturista sólo obtiene \$100 por comer en este ambiente contaminado. Acá no es posible que el naturista negocie algún precio para que el fumador desista, pues tal precio nunca sería menor a \$1.000 y tal monto está por encima de lo que gana el naturista. Igualmente, la sociedad obtiene los mismos \$1.100 aunque la distribución de ganancias sea diferente. En suma, desde el punto de vista de la eficiencia en la asignación de recursos, esto es de las ganancias para la sociedad, es irrelevante la intervención del Estado. La primera parte de la siguiente tabla —caso básico— resume este Ejemplo 4.

Caso	Derecho sobre el aire del lugar	Resultado	Valor		Total Sociedad
			Naturista	Fumador	
Básico	Cons. Manzana	Fuma adentro + Naturista come	$100 + P$	$1.000 - P$	1.100
	Fumador	Fuma adentro + Naturista come	100	1.000	1.100
Opción Balcón	Cons. Manzana	Fuma en Balcón + Naturista come	800	600	1.400
	Fumador	Fuma en Balcón Naturista come	$800 - p$	$600 + p$	1.400
con Costo de Transacción	Cons. Manzana	Fuma en Balcón + Naturista come	800	600	1.400
	Fumador	Fuma adentro + Naturista come	100	1.000	1.100

[2] Otras tres condiciones establecidas por Coase fueron que no hay efecto riqueza relevante, los bienes son más de característica privada que pública y no hay otros participantes en la negociación.

La segunda parte de esta tabla —opción balcón— agrega el simple hecho que el fumador tiene la opción de salir a un pequeño balcón, lo que le produce cierto costo por las condiciones climáticas y reduce el valor de fumar a \$600. La segunda parte de la tabla muestra que cualquiera sea la manera en que se asignó el derecho de propiedad del aire en la sala, el fumador terminará fumando en el pequeño balcón y la sociedad obtendrá una ganancia de \$1.400; sin intervención de institución pública alguna. En este caso el precio p es producto de la negociación en que el naturista convence al fumador a ir al balcón a pesar de su derecho a contaminar si quisiera. Dicho precio debe ser mayor a \$400 —de otra forma el fumador no se moverá del lugar pues ese es su costo de hacerlo

“Las externalidades son inherentes a la vida económica y social, pero solo aquellas que afectan materialmente las posibilidades de consumo o producción de otros agentes generan ineficiencias que requieren corrección”

— y menor que \$700 —monto de la externalidad del humo del cigarro para el naturista—.

Un tercer caso, siguiendo a Coase, es que existan costos de transacción lo suficientemente grandes, por ejemplo de \$500, que impiden llegar a un acuerdo en caso de negociar, como mostramos en la parte baja de la tabla —opción con costos de transacción—. Tomamos como ejemplo el caso de la opción del balcón, pero con estos importantes costos de transacción. Es claro que si el derecho a un aire limpio es asignado al naturista, legalmente se le está impidiendo al fumador fumar en dicho lugar. Ya vimos que, siendo así, éste fumará en el balcón pequeño y los pagos son de \$800 para el naturista y de \$600 para el fumador, sumando un total de \$1.400. En caso que el derecho hubiese sido otorgado al fumador, es imposible llegar a un acuerdo entre las partes para que éste vaya a fumar al balcón, ya que el precio p tiene un rango que va de \$400 a \$700 (diferencia de \$300) sin costo de transacción, pero el costo de transacción de \$500 supera dicha diferencia por lo que hará inviable la negociación. Baste con suponer que dicho costo se reparte en mitad a cada uno; entonces el fumador exigirá al menos \$650 para salir al balcón ($\$400 + \250), mientras que el naturista podrá pagar a lo más \$450 para que lo haga ($\$700 - \250). En suma, no habrá negociación y la sociedad obtendrá \$1.100 solamente. Este ejemplo indica que la existencia de costos de transacción conduce a la necesidad de la intervención estatal, por ejemplo creando la institucionalidad de una ley que impida fumar en lugares públicos.

Adicional a los costos de transacción como una explicación a la racionalidad de crear instituciones que otorguen el derecho de propiedad a la parte que lleve a una mayor eficiencia o mayor valor social, esto es asignar el

costo de ajuste a quién tiene el modo más barato de lograrlo, Myerson y Satterthwaite (1983) demostraron que también las asimetrías de información justifican estas instituciones.

Dichos autores establecieron que aunque hubiese asignaciones claras ex-ante, no puede garantizarse la eficiencia asignativa ex-post aunque los costos de transacción fuesen pequeños, debido a las asimetrías de información al momento de negociar derechos de propiedad. Volviendo a nuestro ejemplo del fumador y el naturista, si los montos en que estos individuos valoran respectivamente fumar y comer es de conocimiento sólo de cada individuo, teniendo el otro una señal ruidosa de la valoración de su contraparte, entonces

existirán escenarios con probabilidad positiva en que no llegarán a un acuerdo. [3] El resultado siguiente resume lo planteado por Coase (1960) y Myerson y Satterthwaite (1983).

Resultado 3: Cuando los derechos de propiedad están claramente definidos, los costos de transacción son bajos y hay información simétrica ex-post respecto de costos y beneficios de las actividades, las partes en conflicto llegarán a un acuerdo que es eficiente. Por el contrario, si los costos de transacción son importantes o la información relevante es asimétrica, el cómo se asignan los derechos de propiedad es relevante para la correcta asignación de recursos.

3. Bienes Públicos: Un Caso Particular de Externalidad en el Consumo

Un tipo especial de efecto externo es el de los denominados "bienes públicos". Consistentes en bienes o servicios para los cuales el hecho que un individuo los consuma no disminuye la cantidad disponible para el consumo por parte de otros individuos. Dicho de otra forma, proveer a alguien dicho bien permite suministrarlo, sin costo adicional, a muchas personas más. Evidentemente el bien público es un caso extremo de externalidades como las comentadas en los párrafos anteriores. Aquí el efecto externo es total, en el sentido que ya no puede identificarse a un consumidor directo y otros indirectos. Todos reciben los beneficios del consumo simultáneo o concurrente de una misma unidad de la mercancía. Por otra parte, definidos de esta forma, aparecen como casos de externalidades tecnológicas positivas, aunque bien puede definirse el concepto de "mal público" donde el efecto externo es negativo.

Para graficar esto supongamos que hay tres individuos en una sala de espera (por ejemplo,

de una consulta médica) en donde hay instalado un equipo de musicalización que funciona con el pago de una tarjeta de crédito. Cualquiera de los tres sujetos puede pagar para escuchar la música sin que esto imposibilite que los demás presentes se deleiten con la misma melodía. La externalidad es extrema, los demás reciben exactamente la misma satisfacción —suponiendo preferencias musicales idénticas— que quien adquirió el bien. Los consumos no rivalizan mutuamente en absoluto.

La no-rivalidad en el consumo, como ya se vio, cambia las condiciones para obtener eficiencia. Dado que todos los individuos que reciban las unidades del bien público obtendrán beneficios de él, la asignación eficiente requiere que la suma de las valoraciones marginales de los consumidores respecto de ese bien sea igual al costo marginal de proveerlo, lo que se deduce del Resultado 2 tal como planteado por Samuelson (1954). En el caso de la sala con música, podría pensarse que el pago que uno de ellos hace equivaldría a la suma del monto que los tres sujetos estarían dispuestos a pagar por la melodía. Sin embargo, la no-rivalidad del consumo no es la única característica de un bien público en sentido estricto. El otro componente es la imposibilidad práctica de realizar la separación entre quienes efectivamente se están beneficiando con la provisión del bien y aquellos que no lo hacen. La inoperancia del principio de exclusión puede radicar en que su aplicación es técnicamente inviable o bien que, aunque sea posible, los costos de llevarla a cabo son tan elevados que no sea conveniente afrontarlos.

En el caso propuesto, sería difícil pensar cómo el proveedor del audio pudiera reconocer quién está escuchando el sonido dentro de la sala y quién no. Claro que podría dotar al equipo de auriculares para que sólo el que paga escuche, pero esto cambia las características del bien y es posible que no sea conveniente porque reduciría la demanda. Si hubiera una tecnología barata que permitiera hacer algo similar, como lo hace la app Spotify, el proveedor seguramente la aprovecharía. Pero en general una app así no está disponible en salas de espera, siendo imposible separar a los que se benefician de los que no, para que, o bien, paguen por el beneficio que están recibiendo, o bien, dejen de hacerlo.

Comparemos lo dicho hasta aquí con el caso de los bienes privados. Cuando éstos fueron analizados, se estableció en el Resultado 1 que en un mercado competitivo donde el costo marginal de producción está representado por el precio, éste debía ser igual a la valoración marginal de cada consumidor. En dicho caso cada consumidor que recibe una unidad paga por ella el precio establecido. La complicación que surge del carácter concurrente del consumo de un bien público es que debe definirse quién y en qué proporción deberá pagar el costo de proveer dicho bien. En los bienes privados, el sistema de precios de mercado funciona como asignador porque se puede aplicar el principio de exclusión. Cada individuo se ve obligado a revelar cuánto valora el bien al pagar su precio, de lo contrario no accede a él. Por el contrario, en el caso de bienes públicos puros la no-rivalidad en el

[3] En el contexto de las asignaciones de cuotas de pesca en Chile, Saavedra y Willington (2012) muestran que aun cuando no haya costos de transacción para negociar libremente, la asimetría de información podría llevar a una mala negociación ex post, de modo que el mercado no terminará asignado los derechos a quien más los valora.

consumo y la imposibilidad de exclusión del consumo implicará que cada individuo mantendrá oculta su valoración del bien y, por lo tanto, su disposición a pagar por él, a sabiendas de que si alguien más paga por el bien, de todas maneras recibirá los beneficios de su provisión en forma gratuita. Esta conducta, denominada *free rider*, implica la imposibilidad de aplicar el sistema de precios como asignador eficiente de recursos. Resumimos esta discusión con el siguiente resultado:

Resultado 4: Bajo el libre funcionamiento de los mercados, la provisión de bienes públicos siempre será inferior a lo que dicta una asignación eficiente de los recursos.

La explicación es una extensión de la brindada para los efectos externos en general. Si solo un individuo se decide a pagar por el bien, estará dispuesto a pagar solamente por el beneficio que recibe, omitiéndose todos los beneficios — idénticos al suyo— que reciben todos los demás sujetos. En la sala con las tres personas que escuchan música, la conducta *free rider* consistirá en negar la utilidad de poner en marcha la máquina de sonido, esperando que otro lo haga y así escuchar gratis la música. Si uno de los tres sujetos interrogara a los otros sobre la conveniencia de reunir fondos para hacer funcionar el aparato, los otros negarán estar interesados. Quién pague, deberá ser recompensado por los otros dos por los beneficios que reciben, pero para ello debería probar que se están beneficiando y poder impedirles tal satisfacción en caso de no cooperar. Sin embargo, como ya se comentó, esto es impracticable. El resultado será que la cantidad pagada y, por lo tanto, la cantidad de melodías “consumidas” serán menores a lo que correspondería a una situación en la que cada sujeto revele sus preferencias y contribuya acorde a ellas a financiar la provisión del sonido.

Ahora bien, en términos generales, si la provisión de una determinada cantidad de bien público beneficia a n individuos, una forma razonable de cubrir los costos de producción sería dividirlos igualitariamente entre los n sujetos. Sin embargo, debe quedar claro que todos los individuos que reciben este bien público no están obteniendo, necesariamente, un mismo nivel de utilidad o satisfacción. La valoración subjetiva que cada uno realiza del bien, en base a la satisfacción que le brinda, hará que una misma cantidad de unidades recibidas del bien en cuestión otorgue diferentes niveles de utilidad. Por lo tanto, el método para el prorrateo es más complejo que la simple división por el número de sujetos.

Aceptado que el mercado no podrá asignar un precio que resuelva el dilema, un mecanismo alternativo debe generarse para determinar el precio final del bien público y la forma en que cada individuo contribuirá a su pago. El resultado que pretende lograrse es el siguiente: por un lado, una asignación de recursos tal que el costo marginal de proveer el bien sea igual a la suma de las valoraciones marginales de todos los individuos; por otra parte, que cada

individuo contribuya en el pago del precio final en proporción al beneficio que obtiene de su consumo. [4]

En la sala musicalizada anterior, el dueño del artefacto debe hacer un cálculo de todo el beneficio agregado que reciben los tres sujetos e intuir qué tanto recibe cada uno. Con esto, podría cobrar un precio de entrada a la sala, distinto a cada uno y colocar el sonido sin cargo adicional para los tres sujetos —precios de Lindahl—. Mediante la discriminación de precios de entrada podría “obligar” a los sujetos a revelar sus preferencias sobre el sonido. Sin embargo, como desconoce la disposición a pagar de cada individuo, debe utilizar un

“Los bienes públicos representan un caso extremo de externalidades, donde la no rivalidad en el consumo y la imposibilidad de exclusión hacen inviable que el sistema de precios funcione como mecanismo de asignación eficiente”

mecanismo de incentivos para extraer dicha información. Lamentablemente, no existe un mecanismo perfecto pues cuando se logra extraer dicha información, no se financiará el bien público; y si éste se financia, no se extraerá toda la información. [5]

Hasta acá hemos tratado bienes públicos en sentido estricto o puros. Aquellos caracterizados por la no-rivalidad en el consumo y la imposibilidad de aplicar el principio de exclusión. Sin embargo, también son considerados bienes públicos aquellos que sólo poseen una de las dos características. En los casos en que el bien no contenga rivalidad en el consumo, pero aplica el principio de exclusión, la sola ocurrencia de no-rivalidad en el consumo implica que el mercado falla en la regla de asignación, por lo que se requiere de la intervención de mecanismos alternativos, tal como se comentó para los bienes públicos puros. Nuevamente, al ser posible el consumo concurrente por un determinado número de individuos, la regla de asignación eficiente indica que los costos marginales deben ser iguales a la suma de las respectivas valoraciones marginales. Sin embargo, al interior del grupo se producirá la conducta *free rider* que impedirá la posibilidad de colocar un precio de acuerdo a lo que cada cual recibe y lograr un pago con las contribuciones que todos los sujetos realizan en virtud de sus preferencias. Nótese que lo único que cambia con la aplicación del principio de exclusión es que puede identificarse al grupo que recibe beneficios y, por lo tanto, puede exigírsele como conjunto que realice el pago correspondiente o privarlo del suministro del bien. A pesar de ello, al interior del grupo el problema de la no-rivalidad determina que se repitan las condiciones de un bien público puro.

Finalmente, tenemos a los conocidos bienes de propiedad común, o simplemente bienes comunes. Estos se caracterizan por existir

rivalidad en su consumo, pero no es posible excluir a las personas de su beneficio. Ejemplos notables son la pesquería —en alta mar—, la extracción de agua cruda desde un acuífero saturado y el uso de tierras fértiles para el pastoreo del ganado. Un conocido resultado en economía es el uso excesivo de los bienes comunes al no estar asignados claramente sus derechos de propiedad, llevando al agotamiento del recurso. Este resultado es conocido como la ‘tragedia de los comunes’ y acuñado por Hardin (1968) y su solución requiere, de acuerdo con los seguidores de la estricta racionalidad económica individualista, de la intervención pública sea para estatizar el bien común o asignarlo explícitamente a privados.

Como respuesta, la premio Nobel de Economía 2009 Elinor Ostrom estableció, a través de una serie de ejemplos prácticos, que es posible que la tragedia no aplique a bienes comunes cuando se cumplen cinco condiciones: límites definidos al uso del bien, reglas de uso adaptadas a las condiciones locales, acuerdos de uso participativos, posibilidad de monitoreo y sanción, y existencia de mecanismos que resuelvan los conflictos entre los usuarios. En tal caso, Ostrom (2011) muestra que la colaboración y adecuada comunicación entre individuos puede evitar la tragedia de los comunes sin necesidad de crear instituciones públicas o la participación del Estado en dicha solución.

4. Conclusión

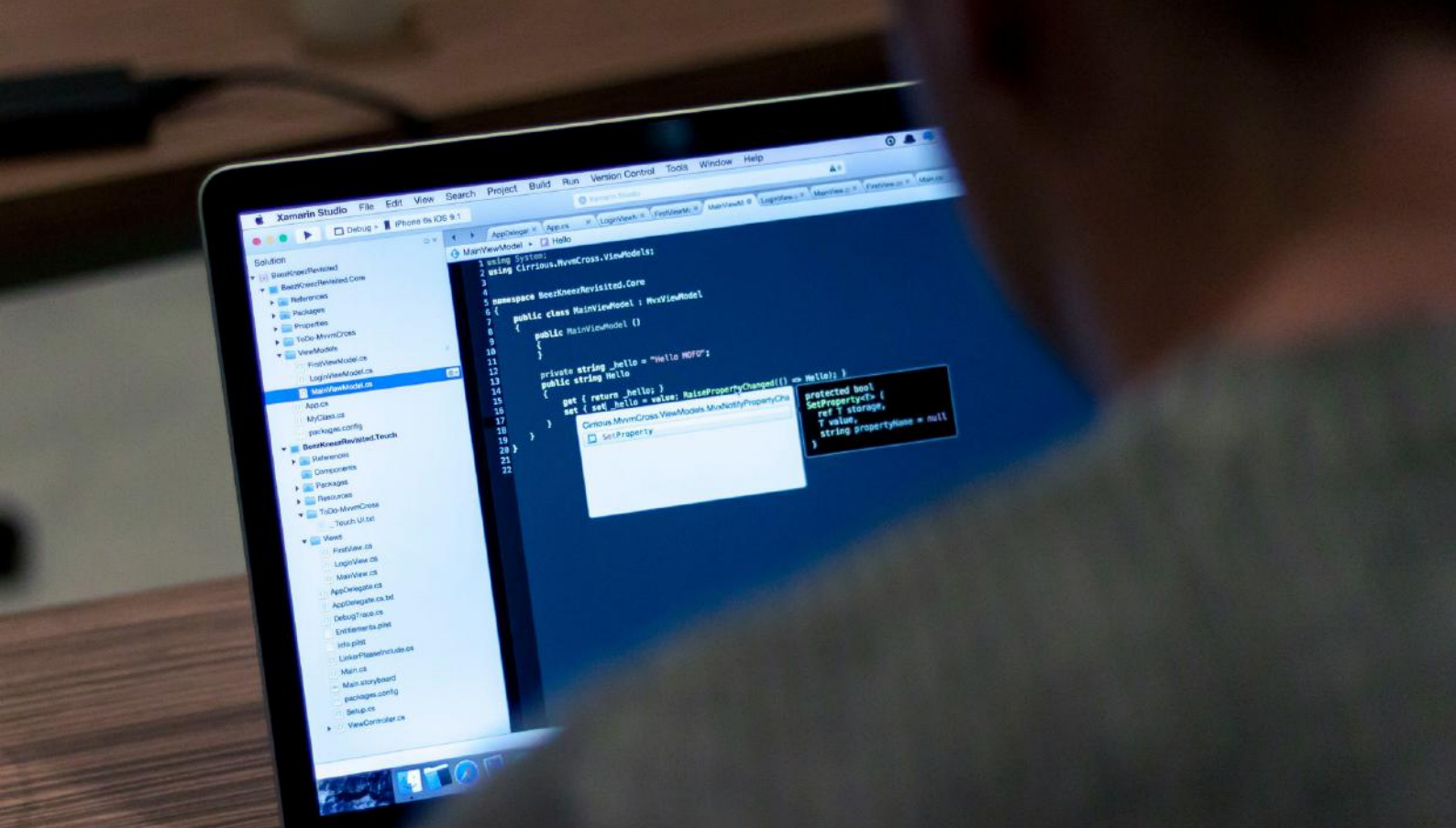
Este ensayo concluye que las instituciones creadas por el Estado para tratar problemas de externalidades y bienes públicos son relevantes para entregar una correcta asignación de los recursos y favorecer así un mayor valor social. Dicha pertinencia del rol público en casos como el señalado se justifica bajo dos condiciones que no son copulativas: los costos de transacción para negociar libremente derechos de propiedad y las asimetrías de información que tienen los individuos al momento de negociar libremente son relevantes. De no crearse instituciones públicas para este fin, en general la libre operación de los mercados no sólo conllevará ineficiencias económicas, sino que además para el caso de los bienes públicos generará a una subprovisión de estos. Finalmente, de ser irrelevantes los costos de transacción y las asimetrías de información, el mercado resolverá de manera eficiente estos problemas —los asignará a los individuos que más valoran la producción y/o el consumo—. Con todo, ninguna de las soluciones mencionadas se hace cargo de los problemas distributivos que ellas generan al momento de implementarse.

[4] Las condiciones para lograr precios personalizados que equilibren la suma de los deseos a pagar con el costo de proveer el bien público fue desarrollada por Eric Lindahl hace más de un siglo, pero sigue siendo dependiente de una revelación honesta de las preferencias, algo irreal en el paradigma económico.

[5] Un mecanismo muy estudiado es el de Vickrey-Clarke-Groves. Una descripción de dicho mecanismo escapa al alcance de este trabajo y debe buscarse en textos de mayor complejidad, como en Milgrom (2004), capítulo 2.

Referencias

- Coase, R. (1960), The Problem of Social Cost, Journal of Law and Economics 3: 1-44.
- Frank, R. (2005), Microeconomía y Conducta, 5ta edición, McGraw-Hill.
- Hardin, G. (1968), The Tragedy of the Commons, Science 162(3859): 1243-1248.
- Mankiew, G. (2017), Principios de Economía, 7ma edición, Cengage Learning.
- Milgrom, P. (2004), Putting Auction Theory to Work, Cambridge University Press.
- Myerson, R. y Satterthwaite M. (1983), Efficient Mechanisms for Bilateral Trading, Journal of Economic Theory 29(2): 265-281.
- Ostrom, E. (2011), El Gobierno de los Bienes Comunes: La Evolución de las Instituciones de Acción Colectiva, 2da edición, Fondo de Cultura Económica.
- Saavedra, E. y Willington, M. (2012), Eficiencia en Asignación de Cuotas Individuales de Pesca: Teorema de Coase y Asimetrías de Información, Estudios Públicos 127: 53-87. En <https://www.estudiospublicos.cl/index.php/cep/article/view/301>
- Samuelson, P. (1954), The Pure Theory of Public Expenditure, Review of Economics and Statistics 36(4): 387-389.



Computación estadística: Uso del lenguaje r básico para auditoría basada en evidencia estadística

Eduardo Leyton Guerrero, MBA en Dirección Informática IDE-CESEM, Madrid, España, director de Carrera Contador Público Auditor, Facultad de Economía y Negocios, UAH.

Introducción

La auditoría, cuya labor es el examen sistemático y crítico de la información financiera y operativa, ha ido ampliando sus fronteras gracias al desarrollo de nuevas tecnologías. En esta evolución, la computación estadística se convierte en un aliado esencial, al combinar métodos estadísticos con sistemas informáticos de alto rendimiento que permiten recolectar, procesar y modelar grandes volúmenes intangibles digitales. Estas capacidades potencian la detección de anomalías y patrones de fraude en entornos contables complejos, facilitando decisiones estratégicas más precisas. No obstante, el acceso a herramientas computacionales avanzadas como SPSS, MiniTab, MatLab, Stata o SAS puede verse limitado por sus licencias privativas. Frente a este escenario, se han consolidado otras opciones aplicables a la auditoría, como las CAAT (Técnicas de Auditoría Asistidas por Computador), con softwares comerciales como ACL, IDEA o Tableau, y también el siempre vigente Excel (Navarrete, 2019; Westland, 2020). Este último ha evolucionado de ser una simple planilla electrónica a incorporar funcionalidades como Power Pivot, Power Query y su extensión en la plataforma Power BI, fortaleciendo la analítica de datos. Sin embargo, estas

soluciones no cubren todas las necesidades de modelización avanzada. Es en este punto donde emergen lenguajes de programación de código abierto como R, especializado en computación estadística; Python, con funcionalidades múltiples; y otros más recientes como Julia y Ruby que, entre otras características, son capaces de entrenar algoritmos mediante redes neuronales artificiales para abordar problemas en contextos de alta incertidumbre. Estas herramientas también permiten programar complejos modelos de Minería de Datos, Minería de Texto y Minería de Sentimientos, entre otros enfoques basados en machine learning y deep learning, con gran potencial de aplicación en el ejercicio profesional del auditor (Vargas, 2025). Complementariamente, en la auditoría de vanguardia, hoy, es posible advertir una propensión o señales de potenciales dolo mediante el análisis de textos a notas a los estados financieros, memorias; y, por otro lado, analizar características biométricas de los gestores de la organización, o responsables de procesos de negocios, mediante la descomposición de fotografías de sus rostros. De lo anterior se desprende que el ejercicio de la auditoría, hoy más que nunca, cuenta con herramientas, en todos sus niveles, que le permiten comprender, modelizar y predecir potenciales irregularidades en

transacciones contables y comerciales. La cuestión es si los auditores están capacitados para usarlas, especialmente aquellas basadas en computación estadística. No podemos desconocer que ellas demandan, en algunos casos, sólidos conocimientos de estadística para interpretar correctamente las salidas de sus algoritmos. Ello nos hace meditar en la formación universitaria de la profesión de Contador Público Auditor, en sus perfiles de egresos, entre otras exigencias académicas. En lo particular el lenguaje R, como foco central de análisis y desarrollo de esta investigación, tiene como característica principal ser de código abierto, orientado al objeto, interpretado y apoyado por una potente comunidad de cientos de miles de expertos en estadísticas y en programación computacional, la gran mayoría de ellos con grado académico superior; su comunidad se encuentra en Cran.r-Proyect (<https://cran.r-project.org/>), que sostiene los distintos paquetes o librerías (conjunto de funciones y argumentos) entre otras múltiples particularidades ya comentadas en párrafos anteriores (Pérez, 2020). Se suma, además, el entorno de desarrollo integrado (IDE) Rstudio que actúa como interfaz gráfica no solamente para el lenguaje R, sino también para otros lenguajes computacionales (Redondo, 2024).

Este trabajo se desarrolló bajo un enfoque exploratorio-aplicado, orientado a examinar el potencial de R como herramienta de apoyo en el ámbito de la auditoría financiera y operativa. Durante el periodo noviembre del 2024 a enero del 2025, se ejecutaron diversos paquetes del entorno R (ver Tabla 1) con el propósito de validar su aplicabilidad en tareas de análisis contable, detección de anomalías y auditoría de transacciones masivas. El proceso se apoyó en conjuntos de datos simulados y reales, recopilados desde fuentes internas y externas, que permitieron replicar situaciones habituales en auditorías financieras. Además de la aplicación práctica de los paquetes, se realizó una revisión sistemática de literatura académica y técnica relacionada con el uso de software estadístico en auditoría, lo que proporcionó una base teórica para contextualizar los hallazgos. La triangulación entre evidencia empírica y revisión bibliográfica permitió contrastar las funcionalidades de R con otras soluciones comerciales disponibles, ya mencionadas anteriormente, destacando ventajas y limitaciones del lenguaje en escenarios reales de auditoría.

A continuación, se detallan algunos de los principales paquetes empleados, junto con su propósito metodológico:

Tabla 1. Paquetes de R Usados

Nombre paquete	Función
dplyr	Potente depurador de datos (imprescindible)
benford.analysis	análisis de transacciones irregulares
psych	Análisis estadístico
estadistica	Análisis estadístico en español
skimr	Exploración de dataframe
Dlookr	Análisis exploratorio de datos (EDA) y diagnóstico de datos
DataExplorer	Exploración de datos
Hmisc	Potente análisis estadístico
tseries	Análisis de series de tiempo y predicción de transacciones.
Summarytools	Exploración y resumen de datos
DescTools	Estadística descriptiva y exploración de datos
ineq	Índice de GINI, curva de Lorentz, detección de valores irregulares.
fdth	Tabla de frecuencias

Resultados

Análisis de Estructuras

Una vez importado el o los datasets de interés para el auditor, usando los paquetes que correspondan tales como: [readr](#), [readxl](#), [openxlsx](#), [haven](#), [foreign](#), [vroom](#) o [data.table](#), entre otros, es imperativo estudiar su diccionario de datos y su estructura para su comprensión. Este análisis es recomendable efectuarlo con las siguientes funciones, entre otras: [str\(df\)](#), [structure\(df\)](#) y [glimpse\(df\)](#). Las salidas nos entregarán el tipo de vector (columnas del dataframe) si es numérico, fecha, texto, lógico, etc., que componen al df para definir la estrategia de auditoría de análisis o analítica de datos, según el objetivo de estudio. Función aplicada es:

```
str(iris)
'data.frame':   150 obs. of  5 variables:
 $ Sepal.Length: num  5.1 4.9 4.7 4.6 5 5.4 4.6 5 4.4 4.9 ...
 $ Sepal.Width : num  3.5 3 3.2 3.1 3.6 3.9 3.4 3.4 2.9 3.1 ...
 $ Petal.Length: num  1.4 1.4 1.3 1.5 1.4 1.7 1.4 1.5 1.4 1.5 ...
 $ Petal.Width : num  0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.4 0.3 0.2 0.2 0.1 ...
 $ Species     : Factor w/ 3 levels "setosa","versicolor"...
```

Adicionalmente, es posible destacar las funciones [DataExplorer](#) del paquete del mismo nombre, que resume, en formato html, toda la información en una sola salida de la estructura del df. La función es: [DataExplorer::create_report\(df\)](#). Asimismo, la función [GWalkR](#), una función navegable y de múltiple aplicabilidad, nos proyecta en forma dinámica la estructura del df. Su función es: [GWalkR::gwalkr\(df\)](#). Por último, la función [diagnose\(df\)](#), presenta una rápida visión de la estructura del df.

```
diagnose(iris)
# A tibble: 5 × 6
 variables types missing count missing percent unique count unique rate
<chr>      <chr>      <int>    <dbl>    <int>    <dbl>
1 Sepal.Length numeric      0      0      35  0.233
2 Sepal.Width  numeric      0      0      23  0.153
3 Petal.Length numeric      0      0      43  0.287
4 Petal.Width  numeric      0      0      22  0.147
5 Species      factor       0      0       3  0.02
```

Un examen estadístico descriptivo rápido e inicial nos entregará la función `summary(df)` que nos proyectará, por cada vector, el valor mínimo, el primer cuartil, la mediana o el segundo cuartil, el promedio, el tercer cuartil y el máximo. La función aplicada es:

```
summary(iris)
      Sepal.Length      Sepal.Width      Petal.Length      Petal.Width      Species
Min.      :4.300   Min.      :2.000   Min.      :1.000   Min.      :0.100   setosa      :50
1st Qu.:5.100   1st Qu.:2.800   1st Qu.:1.600   1st Qu.:0.300   versicolor:50
Median :5.800   Median :3.000   Median :4.350   Median :1.300   virginica  :50
Mean    :5.843   Mean    :3.057   Mean    :3.758   Mean    :1.199
3rd Qu.:6.400   3rd Qu.:3.300   3rd Qu.:5.100   3rd Qu.:1.800
Max.    :7.900   Max.    :4.400   Max.    :6.900   Max.    :2.500
```

Una segunda e interesante función `describe(df)` nos entregará el número de observaciones del df, valores NA (valores irreconocibles del vector), promedio, desviación estándar, error estándar de la media, recorrido intercuartílico, skewness o asimetría de un vector del df o de la distribución bajo estudio, kurtosis o forma de una distribución del vector, valor mínimo y cuartiles. Su función es: `describe(iris)`.

Figura 1: Función aplicada

```
> describe(iris)
# A tibble: 4 x 26
  described_variables    n    na mean    sd se_mean    IQR skewness kurtosis    p00    p01    p05    p10    p20    p25    p30
  <chr>              <int> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 Sepal.Length      150    0  5.84  0.828  0.0676  1.3    0.315  -0.552  4.3    4.4    4.6    4.8    5      5.1    5.27
2 Sepal.Width       150    0  3.06  0.436  0.0356  0.5    0.319  0.228  2      2.2    2.34  2.5    2.7    2.8    2.8
3 Petal.Length      150    0  3.76  1.77  0.144   3.5    -0.275  -1.40  1      1.15  1.3    1.4    1.5    1.6    1.7
4 Petal.Width       150    0  1.20  0.762  0.0622  1.5    -0.103  -1.34  0.1    0.1    0.2    0.2    0.2    0.3    0.4
# i 10 more variables: p40 <dbl>, p50 <dbl>, p60 <dbl>, p70 <dbl>, p75 <dbl>, p80 <dbl>, p90 <dbl>, p95 <dbl>, p99 <dbl>,
# n100 <dbl>
```

Complementariamente, la detallada y agrupada salida de la función (`describe.by(df, group= df$vector)`) aparece como una de las favoritas del auditor al necesitar una estadística más afinada por un grupo de característica de un vector. Su función es: `psych::describeBy(df_iris,group = df_iris$Species)`. Su función es:

```
Descriptive statistics by group
group: setosa
      vars  n mean    sd median trimmed mad min max range skew kurtosis    se
Sepal.Length 1 50 5.01 0.35    5.0    5.00 0.30 4.3 5.8    1.5 0.11   -0.45 0.05
Sepal.Width  2 50 3.43 0.38    3.4    3.42 0.37 2.3 4.4    2.1 0.04    0.60 0.05
Petal.Length  3 50 1.46 0.17    1.5    1.46 0.15 1.0 1.9    0.9 0.10    0.65 0.02
Petal.Width  4 50 0.25 0.11    0.2    0.24 0.00 0.1 0.6    0.5 1.18    1.26 0.01
Species      5 50 1.00 0.00    1.0    1.00 0.00 1.0 1.0    0.0 NaN     NaN 0.00
```

Funciones adicionales para considerar, que son una combinación de estadística y exploración de datos, son las `dfSummary(df)`, `ctable(df$vector1,df$vector2)`, `stby()` de estadística cruzada por 2 vectores, `freg()`, `fre()` para tablas de frecuencias, funciones de la familia `apply`, entre otras que el auditor puede explorar en las distintas opciones de búsqueda tanto en Rstudio como fuera de ella.

Búsqueda de Duplicados/Faltantes y secuencia

Para aquellos auditores cuyas pruebas esenciales de análisis de documento que exigen numeración consecutiva, las funciones que se muestran a continuación aparecen como significativas como paquete `janitor::get_dupes(df,nro_factura)`, para faltantes `setdiff(df, facturas)`, fuera de secuencia `facturas[which(diff(facturas) <= 0) + 1]`, detectar grandes saltos `diff(facturas)`, no correlativos `facturas[which(saltos > 1) + 1]` entre otras funciones indirectas. Adicionalmente, los paquetes: `audit` y `assertive`, son una importante alternativa.

Ley de Benford o Ley del Primer Dígito.

Una de las funciones más importante para detectar valores anómalos, es la Ley de Benford que aparece como insustituible a la hora de estudiar registros de transacciones comerciales o de otra naturaleza. Esta ley se basa en la distribución de los primeros dígitos significativos de un conjunto de datos numéricos, los cuales pueden estar asociados a montos monetarios u otras magnitudes. Esta ley es válida cuando los datos no han sido generados de forma aleatoria, artificial o mediante fórmulas, y cuando el conjunto de datos contiene una cantidad suficiente de observaciones —generalmente se recomienda sobre 500 registros— para que se observe confiablemente el patrón probabilístico esperado. La función Benford establece que, en muchos conjuntos de datos reales, los números que comienzan con dígitos bajos (como 1, 2 o 3) aparecen con mayor frecuencia que los que comienzan con dígitos altos (como 8 o 9). Esta distribución estadística, erróneamente llamada ley, es aceptada internacionalmente como medio de prueba y es utilizada como una irremplazable herramienta de búsqueda de patrones anómalos, incluso se ha utilizado exitosamente en procesos electorarios.

$$(Nigrini, 2020): P(d) = \log_{10}\left(1 + \frac{1}{d}\right)$$

En lo particular, para este caso se aplicó un `dataframe[1](df)` real del libro de ventas, con 5781 facturas, de una importante compañía de fábrica de chocolates en Chile, la que fue analizada por quien suscribe en una auditoría de rutina. La estructura final del `df()`, que originalmente contenía de 47 vectores o columnas, una vez depurado con el paquete `dplyr`, se sintetizó en 6 vectores o columnas: `n_doc`, `fecha_transaccion`, `rut_emisor`, `cliente_rut`, `identificación_vendedor` y `Valor_Neto`. La identificación de Rut y nombres fueron alterados para mantener la confidencialidad del caso. Una vez importado el libro de ventas, efectuado el análisis de estructura, estadístico descriptivo y tablas de frecuencia, es decir comprendido el contenido de la data, se procedió a la carga y activación del paquete para posteriormente aplicar `dplyr` para la detección e individualización de las transacciones sospechosas.

[1] Estructura de datos de carácter matricial propia del lenguaje R. Es similar a una hoja de Excel.

Simplificando la secuencia de funciones iniciales, script o algoritmos, por la extensión del código se ha resumido en:

```
# Carga de Paquetes -----
install.packages("benford.analysis") # Análisis de Fraude
install.packages("fdth") # crear tablas de frecuencia
install.packages("ggplot2") # gramáticas de graficas
install.packages("dplyr") # manipulación de datos y estructuras de datos
# Activación de Paquetes -----
library(benford.analysis)
library(fdth)
library(ggplot2)
library(readxl)
library(dplyr)
```

A continuación, se ejecuta la función Benford aplicándolo al df y vector numérico a analizar, df_libro_ventas_limpio_positivos\$NETO, indicando que en este caso se analizará el primer dígito significativo. Si bien se ha explorado hasta el 9º cifra significativa, con el consiguiente costo de procesamiento, benford recomienda ejecutar solo hasta 3 cifras significativas; es decir con montos por ejemplo \$347.xxx.xxx o \$134.xxx o \$252. El argumento sign es para indicar si ese vector contiene valor negativo o positivo (pueden ser ambos) y la opción final de TRUE (verdadero) indica si es discreto o continuo. Su función es:

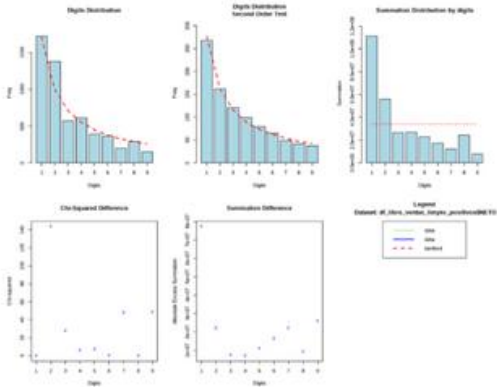
```
df_benford <- benford(df_libro_ventas$NETO,1,sign = "positive",TRUE)
plot(df_benford)
summary(df_benford $MAD)
```

Una vez aplicado benford, éste genera datos estadísticos[2] relevantes que, en este caso, son registrados en df_benford. A continuación, podemos generar las gráficas propias con la función plot() del proceso y subsiguientemente efectuar un rápido summary o resumen estadístico.

Tabla 2: Gráficas de salida de benford

Gráfico	Muestra	¿Para qué sirve en auditoría?
Digits Distribution	Frecuencia de dígitos	Detectar patrones anómalos o manipulados en la frecuencia
Summation Distribution	Suma total por dígito	Ver si el dinero se concentra en dígitos sospechosos
Chi-squared Difference	Diferencia que contribuye al test	Identificar qué dígitos alteran más la conformidad estadística
Summation Difference	Diferencia entre suma observada y esperada	Encontrar montos “extraños” por dígito

Figura 3: Gráficas de Análisis del Auditor



En este caso específico, la gráfica más significativa es de Digits Distribution donde se aprecian dígitos reveladores que comparados con la curva teórica calculadas por benford y la distribución real, muestran valores anómalos como las transacciones que comienzan con 2, 3, 5, 7 y 9. Asimismo, la gráfica de Chi-squared resalta aquellos dígitos anómalos en primer orden. A continuación, analizados el universo de 5781 transacciones del libro de ventas, con la función getSuspects() se detectan 1947 observaciones sospechosas. Si bien el paquete benford.analysis o benford, contiene una veintena de funciones (puede variar según la versión de este) las más importantes son las ejecutadas anteriormente. Detectadas las transacciones irregulares, corresponde ahora identificarlas e individualizarlas. Ello puede hacerse con cualquier paquete y funciones de depuración de datos distinto a benford. En este caso específico, dplyr. Las funciones aplicadas son filter, select, group by, ungroup, arrange, entre otras. Finalmente se identificaron, asociados a un vendedor determinado, transacciones sospechosas por un total de \$4.590.000 con 170 facturas de \$27.000 cada una. En este punto y con la información a la vista, el auditor debe llamar su atención para realizar las indagatorias que corresponda para esclarecer o efectuar cargos que correspondan.

Muestreo

Si bien con las herramientas ya comentadas es posible estudiar y analizar la totalidad del universo de datos, es evidente que, a la hora de contrastarlos con documentos físicos, éste se hace inviable para su tratamiento. Es por ello por lo que las técnicas de muestro cobran especial relevancia constituyéndose en un instrumento irremplazable para la auditoría, por ejemplo, de ventas, compras y/o pagos de remuneraciones, entre otras. El lenguaje R contiene varias

[2] La función benford genera además un conjunto de parámetros estadístico, entre otros, Kolmogorov-Smirnov test. En esta salida, el auditor debe prestar especial atención el indicador MAD (desviación media absoluta) y su valor. Según el experto internacional en fraude, Mark Nigrini, si éste es < 0.006 significa que los datos se ajustan excelentemente. Si fluctúa entre 0.006 y 0.012 su ajuste es aceptable, si está entre 0.012 y 0.015 ligera sospecha, si es > 0.015 existe una desviación altamente sospechosa.

funciones y argumentos sustentados en técnicas estadísticas que, por extensión del presente trabajo, éstas no serán estadísticamente explicadas. Sin embargo, se presentan algunas de las funciones aplicables más utilizadas en R. En efecto, sobre un dataset “df_auditoria” con 1000 valores aleatorios con montos que varían entre 1.000 y 10.000 m.u.m. con estructura: id., monto, sucursal, tipo_cuenta, control_aprobado, se muestrean las siguientes técnicas y funciones:

Tabla 3: Principales Técnicas de Muestro de R

Técnica	¿Por qué es clave en auditoria?
1. Muestreo Aleatorio Simple (MAS)	Base de muchos procedimientos. Asegura representatividad y es fácil de aplicar con R. <code>n <- 50</code> <code>muestra_mas <- df_auditoria %>% sample_n(n), # muestrea 50 transacciones aplicado en el df_auditoria dejando los 50 valores de interés en un df secundario (nrow → número de filas)</code>
2. Muestreo Sistemático	Eficiente para poblaciones ordenadas como libros contables o listados cronológicos. <code>k <- floor(nrow(df_auditoria) / n) # calcula el número de intervalo k (1000/50)=20</code> <code>inicio <- sample(1:k, 1) # aleatoriamente selecciona 1 valor cada 20</code> <code>indices_sist <- seq(from = inicio, to = nrow(df_auditoria), by = k) # secuencia de índice inicio-término del df_auditoria</code> <code>muestra_sist <- df_auditoria[indices_sist,] # finalmente extrae valores numéricos del df_auditoria</code>
3. Muestreo Estratificado	Usado para mejorar precisión, separando grandes montos o cuentas críticas (por riesgo o materialidad). <code># Se divide por 'tipo_cuenta' y se extrae muestra proporcional</code> <code>muestra_strat <- df_auditoria %>% # df_auditoria</code> <code>group_by(tipo_cuenta) %>% # agrupado por tipo de cuenta</code> <code>sample_frac(size = 0.1) # se extrae el 10% por estrato</code>
4. Monetary Unit Sampling (MUS)	Estándar en auditoria financiera. Favorece selección de partidas con mayor valor. Ideal para detectar errores materiales. <code># Probabilidad proporcional al monto (cuanto más alto el monto, mayor chance de ser elegido)</code> <code>probabilidades <- df_auditoria\$monto / sum(df_auditoria\$monto) # vectorialmente determina la proporcionalidad monto por monto y lo divide por la suma de este.</code> <code>muestra_mus <- df_auditoria[sample(1:nrow(df_auditoria), size = 50, prob = probabilidades),] # calcula vectorialmente la muestra desde 1 hasta el largo de filas de df_auditoria (1000), seleccionando una muestra de 50 valores con la proporcionalidad calculada.</code>
5. Muestreo de Atributos	Fundamental para pruebas de cumplimiento de controles (control interno, compliance, etc.). <code># Ejemplo, estimar tasa de desviación de controles (proporción de registros NO aprobados)</code> <code>n_tributos <- 45 # ejemplo número de aprobaciones de pagos, en reemplazos de montos. (cumple o no cumple)</code> <code>muestra_tributos <- df_auditoria %>% sample_n(n_tributos) # calcula la muestra de 45 elementos o pagos (no montos)</code> <code>tasa_error <- mean(!muestra_tributos\$control_aprobado) # calcula la inversa de la tasa o proporción de pagos no autorizados. (! Simboliza lo contrario o la diferencia)</code>

Fuente: elaboración propia en base a códigos ejecutados

Conclusiones

De acuerdo con lo mostrado, la utilización del lenguaje R con RStudio, junto a su homólogo Python, se consolida como instrumento de software referente, desafiante y obligatorio en el mundo de la auditoría. Sin desconocer las extraordinarias funcionalidades de las alternativas comerciales ya indicadas anteriormente, éstas, por su elevado costo anual y limitadas o inexistentes funciones de aprendizaje profundo, otorgan, entre otros atributos, la supremacía a las herramientas de código abierto. Desde la perspectiva de la auditoría, existen innumerables técnicas estadísticas —imposibles de abarcarlas todas en este documento— que pueden y deben ser estudiadas y aplicadas en el ejercicio de nuestra profesión, precisamente con los lenguajes de programación ya comentados. La auditoría, en particular la auditoría forense, con un enfoque de Auditoría Analítica Predictiva y apoyada por el lenguaje R o Python, se presenta como una alternativa irremplazable y atractiva para procesar y efectuar pruebas de auditoría, por ejemplo, sobre magnitudes estratosféricas de datos (big data), para hacer frente a las dinámicas y complejas caras del fraude.

El mundo académico y laboral deben revisar y redefinir no solo los perfiles de egreso de nuestra profesión, sino también las competencias deseables en las áreas de auditoría de las organizaciones.

Referencias

- Navarrete, O. (2019). Estadística para contadores y auditores con R. Universidad Politécnica Salesiana.
- Nigrini, M. J. (2020). Forensic Analytics: Methods and Techniques for Forensic Accounting Investigations. John Wiley & Sons.
- Pérez, J. (2020). Introducción a la ciencia de datos en R. UD Editorial.
- Redondo, C. (2024). El programa R: Herramienta clave en investigación. Universidad de Cantabria.
- Vargas, C. (2025). Estadística aplicada a la investigación con R. Ediciones de la U.
- Westland, C. (2020). Audit analytics: Data science for the accounting profession. Springer.

¡Mantengámonos conectados!



@fen.uah



@fen_uah



Facultad de Economía y Negocios - Universidad Alberto Hurtado



Facultad de Economía y Negocios - Universidad Alberto Hurtado



fen.uahurtado.cl



FEN UAH



¡Súmate a nuestro canal de difusión!

