

La paradoja de la probabilidad de lo improbable y el pensamiento evolutivo de Niklas Luhmann

The paradox of the probability of the improbable and the evolutionary thought of Niklas Luhmann

Pablo Razeto-Barry

Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad, IFICC; Universidad Diego Portales, Chile / prazeto@ificc.cl

Javiera Cienfuegos

Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad, IFICC, Chile; Universidad Libre de Berlín, Alemania / jcienfuegos@ificc.cl

Abstract: Niklas Luhmann, one of the most important social thinkers at the end of the 20th century, places the evolutionary perspective in the center of his sociological theory. According to Luhmann, evolutionary theory – both biological and social – gets started trying to resolve the paradox of the probability of the improbable. However, Luhmann does not specifically clarify what the paradox involves, what are the ways to solve it, and how the evolution can explain the facts adduced in it. In this article, these flaws are faced up through the systematization of the probabilistic elements that characterize the evolutionary process, taking elements from evolutionary biology and the probability theory. From the four ways of probabilization here described, Luhmann seems to refer indirectly only to three of them. This probabilistic systematization not only allows dealing with the complex social order problem, but also anticipates future investigations of social evolution.

Key words: probability of the improbable, evolution, social order, complexity, Niklas Luhmann.

Resumen: Niklas Luhmann, uno de los pensadores de la sociología más importantes de finales del siglo XX, sitúa la perspectiva evolutiva en el centro de su teoría sociológica. Según Luhmann, la tarea principal de la teoría evolutiva —tanto biológica como social— comienza intentando resolver la paradoja de la probabilidad de lo improbable. Sin embargo, Luhmann no aclara específicamente en qué consiste la paradoja, cuáles son las formas de solucionarla, y cómo la evolución puede explicar los hechos aducidos en ella. En este artículo se afrontan estas falencias mediante la sistematización de los elementos probabilísticos que caracterizan a los procesos evolutivos, tomando herramientas de la biología evolutiva y la teoría de probabilidades. De las cuatro vías de probabilización aquí descritas, Luhmann parece referirse indirectamente sólo a tres de ellas. Esta sistematización probabilística no sólo permite abordar el problema del orden social complejo, sino también prever futuras investigaciones de la evolución social.

Palabras clave: probabilidad de lo improbable, evolución, orden social, complejidad, Niklas Luhmann.

Introducción

El pensamiento evolutivo en biología se ha caracterizado históricamente por dos tradiciones, una más ligada a algunas escuelas de la Europa continental y la otra más asociada a la tradición anglo-norteamericana; se les suele llamar “estructuralismo” y “adaptacionismo”, respectivamente (Gould, 2001 [1998]). Aunque estas tradiciones no son necesariamente incompatibles, se han planteado permanentemente en contraposición. El estructuralismo, también llamado “desarrollismo” (*developmentalism*, Amundson, 2001), tiende a enfatizar la importancia de las propiedades estructurales y mecánicas de los sistemas vivos, y por lo tanto, sus procesos de desarrollo, sus propiedades sistémicas y autoorganizadoras, las limitaciones y fuerzas impuestas por los materiales de que están hechos sus componentes, y las leyes físicas que imponen restricciones y propensiones internas a dichos sistemas. Por el otro lado, el adaptacionismo (también llamado “neo-darwinismo”) tiende a enfatizar los efectos funcionales de los rasgos (y particularmente, de las diferencias entre rasgos) de los seres vivos, que podrían influir en su éxito reproductivo y en la probabilidad de que sus propiedades se logren propagar a toda la especie, lo cual estaría generalmente determinado por la relación que hay entre los organismos y los factores impuestos por el ambiente (Amundson, 2001).

No es de extrañar que el pensamiento evolutivo que Niklas Luhmann ha aplicado a los sistemas sociales sea en parte deudor de ambas tradiciones provenientes de la biología. Es probable que Luhmann haya heredado elementos evolutivos del pensamiento estructuralista de Maturana y Varela (1984). En particular, el énfasis en el rol activo de los sistemas para explicar el cambio evolutivo, más que el rol activo del ambiente, propio del programa adaptacionista (Etxeberria, 2004). Sin embargo, el pensamiento evolutivo de Maturana ha seguido una línea antiadaptacionista con un fuerte énfasis en el rol del azar y un descrédito de las diferencias adaptativas (Maturana y Mpodozis, 1992; Vargas, 2005), mientras que Luhmann ha abrazado evidentes elementos neodarwinistas, con un énfasis en las diferencias adaptativas y procesos de selección (Luhmann y De Giorgi, 1993; Luhmann, 2007 [1997]) (véase Tabla 1). Un completo análisis del pensamiento evolutivo de Luhmann requeriría aproximaciones provenientes de ambas tradiciones. En este artículo sólo nos referiremos a los aspectos del pensamiento evolutivo de Luhmann que lo ligan a la tradición adaptacionista. Postergamos para otro artículo el análisis de la teoría evolutiva luhmanniana desde el punto de vista estructuralista.

La importancia que Niklas Luhmann da al pensamiento evolutivo en sociología es notoria. Basta sólo citar algunas frases para evidenciar el énfasis que pone en ello: “La sociedad es el resultado de la evolución” (Luhmann, 2007 [1997]: 325, véase también pp. 339, 885), “El surgimiento de distintas formas de diferenciación sistémica interna a la sociedad es, por un lado, un resultado de la evolución. Las formas mismas de diferenciación son adquisiciones evolutivas” (Luhmann, 2007 [1997]: 394, véase también pp. 447, 474). Según el autor, el problema central de la evolución se encuentra en la “paradoja de la probabilidad de lo improbable” (Luhmann, 2007 [1997]: 326), acerca de lo cual (citando a Edgar Morin, 1977) aclara: “El ‘paradigma’ que hoy día es ya clásico para esto es la improbabilidad química de las moléculas de ADN” (Luhmann, 2007 [1997]: 326). Así, de acuerdo con Luhmann: “La teoría de la evolución... encuentra su punto de partida precisamente en la solución de esta paradoja” (Luhmann, 2007 [1997]: 326).

Con todo lo anterior, se vuelve claro que la teoría evolutiva social de Luhmann está íntimamente relacionada y es deudora tanto de la teoría de probabilidades, como del pensamiento evolutivo en biología. Sin embargo, la relación entre estas teorías y la teoría evolutiva de los sistemas sociales no es aclarada por el autor. En este sentido, los principales objetivos en este artículo son tres. En primer lugar, analizar la estructura de la teoría evolutiva de Luhmann a partir de la teoría de probabilidades y de la tradición adaptacionista de la biología evolutiva. Segundo, formalizar la paradoja de la probabilidad de lo improbable y sus posibles soluciones como elementos que contribuyan para una teoría evolutiva de carácter general (que abarque lo biológico y lo social). Por último, extraer consecuencias de la formalización de la teoría evolutiva y la probabilidad de lo improbable como un posible aporte a la interpretación de la teoría evolutiva de Luhmann y a la comprensión de la evolución social.

La paradoja de la probabilidad de lo improbable

Luhmann no es del todo explícito al definir la paradoja de la probabilidad de lo improbable. Sin embargo, además de la alusión a la improbabilidad de las moléculas de ADN, el autor hace algunas aclaraciones que nos indican una forma de interpretación: “Porque la evolución se realiza aprovechando condiciones –no constantes, sino transitorias. Precisamente, el ser esto posible constituye la oportunidad de *construir un orden improbable en el curso del tiempo...* Así, la evolución significa, antes que nada, una ampliación del número de presupuestos sobre los que se puede apoyar un cierto *orden*” (Luhmann, 2007 [1997]:

328), las cursivas en todas las citas de aquí en adelante serán nuestras). “La teoría de la evolución remite el problema al tiempo e intenta explicar *cómo es posible que algunas estructuras cargadas cada vez más de presupuestos –es decir, cada vez más improbables– surjan y luego funcionen como normales*. El axioma básico es: *la evolución transforma la baja probabilidad del surgimiento en una alta probabilidad de la preservación*. Esto es tan sólo una formulación distinta de la pregunta más común: *¿cómo es posible que no obstante la ley de la entropía surja neguentropía?* Se trata, una vez más con otras palabras, de la *morfogénesis de la complejidad*” (Luhmann, 2007 [1997]: 326).

Así, pareciera razonable interpretar la paradoja de la probabilidad de lo improbable, a partir de la pregunta: *¿Cómo es posible que los sistemas adquieran con el tiempo estructuras constituidas por una alta proporción de (alta probabilidad de encontrar) estados de alto orden, siendo que los estados ordenados parecen ser de baja probabilidad?* (véase* Figura 1). En otras palabras podemos decir que la paradoja de la probabilidad de lo improbable remite en Luhmann a la vieja pregunta de la sociología por cómo es posible el orden social (Hechter y Horne, 2003). Si bien es reconocida la preocupación de Luhmann por el orden social (Fuchs, 1988), su énfasis parece estar principalmente en la generación social de complejidad. Así, resolver la paradoja consistiría en explicar la existencia de un orden social complejo, pese a las tendencias sociales que aparentemente podrían hacerla tender al desorden. Estas tendencias (e.g., intereses egoístas de los individuos, diferenciación estructural y funcional, etc., Fuchs, 1988), parecieran propender al caos social, el cual tiende intrínsecamente a ser de menor complejidad desde el punto de vista de la estructura social. La sociedad presenta estructuras y procesos complejos que se manifiestan ordenados y, por ende, con estados de aparentemente baja probabilidad. Muchos procesos y estructuras sociales involucran altos grados de coordinación en actividades concatenadas y organizadas, donde existen interacciones productivas entre individuos que suponen conductas prosociales y un alto grado de predictibilidad sobre el comportamiento de los otros y sobre estados generales colectivos.

En definitiva, el hecho constatado por Luhmann, y que forma parte de una larga tradición en sociología, es que los sistemas sociales se caracterizan por presentar estructuras y procesos con un alto grado de “orden”. Esto pareciera, desde cierto punto de vista, algo totalmente contrario a las expectativas que podríamos hacernos a partir de las ciencias naturales. Según un cálculo probabilístico relativamente simple de la mecánica estadística, los sistemas deberían tender a tener (macro)estados caracterizados por ser posibles de

* Sugerimos al lector consultar las figuras y tablas al final del presente documento (N. del E.).

efectuar por un gran número de maneras diferentes (i.e., muchas configuraciones o “microestados” posibles), es decir, tender a (macro)estados “desordenados”. Por ello, en ausencia de alguna fuerza o mecanismo que lo impida, los sistemas en general deberían tender espontáneamente al desorden. Así, la ubicuidad de estructuras y subestructuras de alto orden en la sociedad es algo que correspondería explicar. Luhmann utiliza la teoría evolutiva y, en particular, un esquema similar al neodarwiniano (variación, selección y reestabilización), para dar cuenta de estos hechos. Sin embargo, es necesario aclarar qué relación hay entre la evolución, el orden y la resolución de la paradoja, pues sólo así será posible evaluar en qué grado –y en qué sentido– este esquema ayuda a explicar los hechos indicados.

Vías de probabilización evolutiva de lo improbable

Lamentablemente la biología evolutiva no cuenta en la actualidad con una formalización probabilística de los modos de probabilización de estados improbables. Por ello, proponemos aquí una formalización posible. En primer lugar, en la biología evolutiva es posible diferenciar dos procesos principales: la generación de variantes y la propagación de variantes (Véase Figura 2). Así, en ambos casos pueden darse estados de baja probabilidad:

A. *Generación de variantes improbables*, en donde una población de elementos¹ pasa de algún estado previo a un estado con una variante (o modificación), cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja (Figura 2a).

B. *Propagación de variantes improbables*, en donde una población que tiene una variante en una muy baja proporción (i.e., es escasa y por lo tanto con baja probabilidad de encontrar), pasa a un estado en que dicha variante se encuentra en una alta proporción (y, por lo tanto, con alta probabilidad de encontrar) (Véase Figura 2b).

En segundo lugar, como veremos, cada uno de estos procesos puede darse en dos formas: una espontánea y la otra selectiva. Así tenemos cuatro *vías de probabilización de lo improbable*:

1. Generación espontánea de lo improbable.
2. Generación selectiva de lo improbable.

1 Dado el alto grado de abstracción y generalidad de esta formalización, hablaremos de “elementos” abarcando tipos de unidades sociales de un amplio espectro, en el análisis luhmanniano se trataría de unidades consistentes en comunicaciones, relaciones de autorreferencia, etc., pero en principio, puede abarcar cualquier tipo de entidad sociocultural reproducible incluyendo agentes, personas, ideas, conceptos, creencias, modas, memes, culturgenes, entre otras.

3. Propagación espontánea de lo improbable.

4. Propagación selectiva de lo improbable.

A continuación analizaremos cada una de estas vías de probabilización, y posteriormente las relacionaremos al pensamiento evolutivo de Luhmann.

Generación espontánea de variantes²: oportunidades múltiples

Una constatación probabilísticamente simple, pero muy pocas veces tomada en cuenta, consiste en que la baja probabilidad de que ocurra un evento en una oportunidad particular no limita en absoluto el que su ocurrencia se vuelva altamente probable con el tiempo. Efectuemos el siguiente cálculo.

Sea A un evento muy improbable con probabilidad $p_A < 1$ de que ocurra en una oportunidad. Entonces, la probabilidad de que *no* ocurra en un intento es $(1 - p_A)$. Así, la probabilidad de que *no* ocurra ninguna vez en n intentos es $(1 - p_A)^n$, y por lo tanto la probabilidad de que *sí* ocurra al menos una vez en n intentos es:

$$P_{p_A, n} = 1 - (1 - p_A)^n$$

Este resultado es de gran relevancia si se mira desde el siguiente punto de vista. Para analizar esto, veamos algunos resultados que se obtienen de esta fórmula en la Tabla 2. Por ejemplo, es conocido que la probabilidad de ganar en el juego de la ruleta apostando a un número es bastante baja ($p_A = 0.03$); sin embargo, de la fórmula se obtiene que si lanzamos la ruleta 252 veces, podemos tener casi la certeza (99.9%) de que se obtendrá el resultado. Así, podemos decir que una forma de probabilizar eventos improbables consiste en darle oportunidades múltiples. Aumentando el número de oportunidades, un evento puede pasar de ser enormemente improbable a volverse prácticamente inevitable. Podemos entonces proponer el siguiente teorema.

Teorema: Para cualquier evento con probabilidad finita de ocurrencia, es prácticamente inevitable que en algún momento ocurra el evento, si se dan suficientes oportunidades.

Demostración: Dado que $p_A > 0$ y $P_{p_A, n} = 1 - (1 - p_A)^n$, se cumple que:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_{p_A, n} = 1$$

2 Cabe aclarar que el término “generación espontánea” aquí no debe ser asociado con la idea de las teorías biológicas antiguas referidas a la generación de seres vivos a partir de la materia inanimada.

A este teorema podríamos llamarlo “teorema de la transformación del azar en necesidad mediante la multiplicación de oportunidades” o “teorema del eterno retorno” (si lo que pasa en la actualidad tiene alguna probabilidad finita de que vuelva a ocurrir en el futuro, entonces necesariamente ocurrirá nuevamente, una y otra vez, eternamente). Nótese también que este teorema guarda íntima relación con la “ley de los números verdaderamente grandes” (Diaconis y Mosteller, 1989), la cual ha sido usada para el estudio de “coincidencias” en ciencias políticas (Mock y Weisberg, 1992).

Es importante mencionar que lo anterior no significa que los hechos sociales ocurran con necesidad ni, a la larga, sin incerteza. Las principales razones para ello radican en que hay eventos que simplemente no pueden ocurrir (digamos que dado que es imposible que Napoleón renazca en el siglo XXI, su probabilidad es exactamente $p_A = 0$) y que para la mayoría de los eventos poco probables el tiempo dentro de la historia humana no es suficientemente largo para que ocurran (durante el tiempo en que $p_A \neq 0$). Esto nos conecta con la siguiente vía (véase Tabla 2).

Generación selectiva de variantes: selección acumulativa

La generación selectiva de variantes improbables puede entenderse a partir de un argumento originalmente propuesto por Muller (1929) y posteriormente difundido con distintas formas (véase Razeto-Barry y Frick, 2010). Se puede presentar mediante la metáfora de la “sopa de letras”, propuesta por el biólogo evolucionista G. G. Simpson (1947). Imaginemos que tenemos una sopa de miles de letras con una proporción de cada letra del alfabeto igual para cada una. Tomando al azar tres letras de la sopa, nos preguntamos por la probabilidad de sacar las letras que forman la palabra “can” (la C, la A y la N). Evidentemente, la probabilidad de ello es extremadamente baja. Pero el argumento seleccionista consiste en considerar qué pasa si es que cada vez que se saca una combinación incorrecta de letras, elimino todas las letras incorrectas –es decir aplico una selección–, y vuelvo a intentarlo. El resultado de este proceso (simple de demostrar) es que la probabilidad de obtener la palabra en cuestión, sin selección, es prácticamente cero, mientras que con selección la probabilidad se eleva hasta convertir la extracción de las letras deseadas en algo altamente probable.

En este sentido se suele citar al gran biólogo evolucionista Ronald. A. Fisher, quien habría declarado que: “La selección es un mecanismo para generar un extremadamente alto grado de improbabilidad” (Huxley, 1936). Es decir, la selección es capaz de probabilizar (i.e., hacer más probables) tipos de

secuencias de eventos cuya probabilidad de ocurrencia es extremadamente baja sin la acción de la selección. El ojo sería una estructura de este estilo: un tipo de estructura que no ocurriría sin la selección (natural) pero que con selección, adquiere una probabilidad razonable de generarse. Algunos llaman a esto la “fuerza creativa” de la selección natural (Gould, 1988, 2002). Un ejemplo de este proceso obtenible en laboratorio consiste en un experimento donde se toman moléculas de ARN que se autorreplican en un tubo de ensayo y, cada media hora, se toma una gota de este tubo a un tubo nuevo, y así sucesivamente (Maynard-Smith, 1989). Tras algunas decenas de pasos de esta secuencia de selección, donde sólo las moléculas que llegan a formar parte de la gota se seleccionan para el siguiente tubo, se obtiene en el último tubo una molécula altamente compleja, que replica 15 veces más rápida que la original, y que además se encuentra en las bacterias actuales del tipo *Escherichia coli*. Según Maynard-Smith (1989), este tipo de molécula, que se obtuvo en 50 horas con selección, habría requerido 10^{107} años para que ocurriera sin selección.

Este último ejemplo nos muestra que, aún cuando tengamos un proceso de oportunidades múltiples, el cual puede en principio probabilizar lo que sea, esta vía sería demasiado lenta: si esperamos a la generación espontánea del tipo de variante en cuestión, tendríamos que esperar más que toda la edad del universo para que ocurriera. Tenemos así, una segunda vía de probabilización no opuesta a la primera, sino más bien una que puede complementarla e incluso potenciarla.

Propagación espontánea de variantes: deriva aleatoria

Pasamos ahora a preguntarnos por el proceso de *propagación* de una variación que se encuentra en baja frecuencia (que es lo esperable cuando recién se ha generado) dentro de una *población* (podemos pensar en un grupo de elementos sociales de algún tipo, una especie de organismos, u otros grupos de entidades con capacidad para transmitir o generar réplicas de la variación hacia otras entidades del mismo grupo). Es decir, nos preguntamos por la posibilidad de que una variación (e.g., reciente modificación o surgimiento de un elemento nuevo dentro de la población) pase de un estado poblacional en que su presencia es escasa y, por lo tanto, poco probable de encontrar en un muestreo al azar, hasta un estado en que se vuelve ubicua o “normal” (alta probabilidad de encuentro).

Dos conceptos evolutivos son aquí claves. Primero, la probabilidad asociada al proceso que lleva la variante a encontrarse en toda la población (llega

a fijarse en ella), la llamada “probabilidad de fijación”. Segundo, la cantidad relativa de réplicas (o descendientes) que el elemento tiende a generar, en comparación con la cantidad de réplicas generadas en promedio por elemento en la población (lo que en biología evolutiva se llama “adecuación biológica” relativa o “*fitness*” relativo), que llamaremos “adecuación relativa”.

La primera vía de propagación de variantes, es la vía espontánea. Esta vía es equivalente a lo que en biología evolutiva se llama “evolución neutral” (Kimura, 1983). Este es el tipo de evolución que ocurre cuando la nueva variante no difiere en adecuación relativa, respecto al resto. Es decir, la probabilidad de que las réplicas del elemento que tiene la variante lleguen a constituir toda la población es equivalente a que sean las réplicas de cualquier otro elemento las que lleguen a constituir a toda la población (y se dice entonces que dicha variante es “neutral”). En este caso, en una población con N elementos, la probabilidad de que se fije la variante de un elemento es igual a $1/N$, y se dice que la variante se ha fijado por simple “deriva aleatoria” (véase Figura 3b). Esta probabilidad es relativamente baja al compararse con la probabilidad complementaria de que la variante *no* se fije, la cual es igual a $(N - 1)/N$ (véase Figura 3a). Sin embargo, es importante notar que siempre existe una probabilidad de que se propague y fije en la población por simple azar.

Tanto en la teoría biológica evolutiva como en una teoría evolutiva de carácter general (que incluya los fenómenos biológicos y sociales) es interesante una conclusión que se puede extraer del fenómeno de deriva aleatoria: ya que la probabilidad de fijación de una variante neutral es finita y en principio no despreciable, en los sistemas donde se da alguna tasa de *generación* de variaciones neutrales, existirá también una tasa de *fijación* de variaciones neutrales. Es decir, habrá evolución neutral: una constante adquisición de cambios y sustituciones neutrales, simplemente fijadas por deriva, aún cuando no conferan ninguna ventaja a quienes poseen las variantes (Kimura, 1983).

Propagación selectiva de variantes: selección positiva

Nos queda, por último, la vía consistente en la propagación de variantes debido a selección. El caso clásico es el que originalmente propuso la teoría de la selección natural, en donde una nueva variante de tipo T logra fijarse en una población originalmente constituida por elementos tipo T', y en donde T tiene alguna ventaja sobre T' (i.e., tiene mayor adecuación relativa que el tipo preexistente). A esto se le llama “selección positiva”. La biología evolutiva predice que si el elemento T supera en adecuación relativa a T' en una can-

tividad $s > 0$ (llamada “coeficiente de selección”), entonces, la probabilidad de fijación de T es (Kimura, 1962; Crow y Kimura, 1970):

$$\frac{1 - e^{-2s}}{1 - e^{-2M}}$$

Es fácil de demostrar que este valor es mayor que la probabilidad de propagación de una variación neutral ($1/N$). Por lo tanto, la vía selectiva de propagación de variantes se explica porque:

$$\frac{1 - e^{-2s}}{1 - e^{-2M}} > \frac{1}{N}$$

Es decir, la probabilidad de que una variante T aumente su frecuencia relativa ($f(T)$) desde ser cercana a $0,2N^s$, hasta ser cercana a 1, aumenta considerablemente si la variante confiere alguna ventaja (en cuanto a su capacidad de replicación) a los elementos que la poseen (Figura 4). A esto se le ha llamado un proceso “determinista” de propagación, en comparación con la propagación por deriva aleatoria, que sería “no-determinista” (véase Figura 4).

Interpretación probabilística de las tesis luhmannianas

Una vez sistematizadas las cuatro vías evolutivas de probabilización de lo improbable (véase Tabla 3), estamos en condiciones de interpretar las tesis de Luhmann respecto a la explicación de la probabilización de lo improbable en la sociedad. Con seguridad, la atribución de estas vías al pensamiento evolutivo de Luhmann implica cierto grado de “forcejeo” en la interpretación, vale decir, tendremos que sesgar en algo la interpretación de sus textos. Así, debemos tener en cuenta que las distinciones que hemos hecho no son parte del pensamiento luhmanniano y que más bien lo que haremos será preguntarnos si acaso las ideas de Luhmann se pueden enmarcar, o si son compatibles con las vías evolutivas de probabilización que hemos formalizado a partir de la biología evolutiva y la teoría de probabilidades (véase Tabla 3).

En primer lugar, pareciera que Luhmann sí estuviera hablando en cierto sentido respecto de la generación de lo improbable a través de *oportunidades múltiples*. Por lo menos así podríamos interpretar sus afirmaciones acerca de que los sistemas “aguardan” a que surjan las eventualidades propicias. Según Luhmann, los sistemas esperan estas eventualidades y por lo tanto el tiempo

también aparece como un elemento esencial de la evolución. Tomando un fragmento del propio Luhmann:

Porque la evolución se realiza aprovechando condiciones –no constantes, sino transitorias. Precisamente, el ser esto posible constituye la oportunidad de construir un orden improbable en el curso del tiempo. Puede decirse que *la evolución es una teoría del aguardar las eventualidades propicias*– y eso, por lo pronto, presupone la existencia de sistemas capaces de conservarse y/o reproducirse, que se pueden mantener a sí mismos y que *pueden esperar*. Por tanto, el tiempo es una de las condiciones esenciales de la evolución... (Luhmann, 2007 [1997]: 328, las cursivas son nuestras).

Así, como indica la vía de probabilización de la generación espontánea mediante oportunidades múltiples, para que se probabilice un evento poco probable, es cosa de esperar que pase el tiempo suficiente, y que la probabilidad del evento poco probable se vuelva cada vez mayor.

En segundo lugar, Luhmann claramente hace referencia a la vía de probabilización de la *propagación selectiva* de variantes, mediante selección positiva. Este es un elemento clásico del pensamiento darwiniano y neodarwiniano, por lo cual, no es de particular originalidad. Con Luhmann:

La teoría de la evolución remite el problema al tiempo e intenta explicar cómo es posible que algunas estructuras cargadas cada vez más de presupuestos –es decir, cada vez más improbables– *surjan* y luego *funcionen como normales*. El axioma básico es: *la evolución transforma* la baja probabilidad del *surgimiento* en una alta probabilidad de la *preservación* (1997 [2007]: 326).

Una vez que una variación ha surgido, la evolución tiene la capacidad de preservarla y hacer que se vuelva normal. Para ello, el mismo autor en varias ocasiones hace alusión a las “ventajas” que ciertas variaciones poseen, y que hacen de ellas variaciones seleccionadas (positivamente).

En tercer lugar, tenemos la pregunta por la *generación selectiva* de lo improbable, es decir, la capacidad creativa que tiene la selección para acumular cambios en direcciones determinadas, de forma tal que genera estados o estructuras que muy improbablemente surgirían sin selección. Estas estructuras complejas serían, como el origen del ojo animal, logros evolutivos producidos por una acumulación de cambios seleccionados que explican la sofisticada e intrincada configuración y dinámica de sus componentes. No es tan claro, en este caso, si Luhmann considera esta forma de probabilización, pero algunos párrafos nos hacen pensar que sí:

Es necesario buscar con más precisión qué hace posible una complejidad más alta y cómo sucede esto... En este nivel [de las estructuras del sistema] se necesita asimismo un concepto que pueda indicar un *resultado de la evolución*, es decir, un concepto para un

arreglo estructural dotado de evidente superioridad respecto de sus equivalentes funcionales. Por ejemplo, el *ojo* o el *dinero*, los *pulgares móviles* o las *telecomunicaciones*. A las *adquisiciones consolidadas de este tipo* –que son más compatibles que otras con relaciones complejas– las llamamos *adquisiciones evolutivas* (Luhmann, 2007 [1997]: 400).

Por último, según nuestra lectura de los textos en que Luhmann habla de evolución, no nos hemos encontrado con alguna idea equivalente a la de *evolución neutral*, propio del proceso de propagación de variaciones por simple deriva aleatoria. Si bien Luhmann introduce la importancia del azar en distintos lugares de su obra, no parece haber considerado la importancia evolutiva de la permanente tasa de fijación de variaciones neutrales, aún cuando no confieran ninguna ventaja respecto a las alternativas o normales.³

Hasta ahora hemos caracterizado *formalmente* factores comunes entre la teoría evolutiva biológica y la teoría evolutiva social de Luhmann, a través de la sistematización de una teoría evolutiva de carácter general y abstracto, bajo la tradición adaptacionista. El siguiente paso sería caracterizar los elementos de *contenido* de las tesis evolutivas de Luhmann, es decir, caracterizar cuáles serían los equivalentes biológicos de los factores que el autor asocia a la evolución social.

La teoría social de Luhmann está basada en la comunicación, por lo cual los elementos o “individuos” que constituyen la variación, la autopoiesis, la replicación, etc. serán elementos y propiedades de las mismas comunicaciones. Nos limitamos en este artículo a presentar una tabla con los elementos que creemos más acordes con las relaciones que hay entre la teoría neodarwiniana y la teoría evolutiva de Luhmann, basados en las distinciones que hemos hecho en las secciones precedentes y con la respectiva asociación de elementos probabilísticos (véase Tabla 4). Nos parece, así, que tanto desde el punto de vista formal como de contenido, la teoría evolutiva social de Luhmann parece ser una aplicación relativamente literal de la teoría neodarwinista de la biología evolutiva (véase Figura 5). Sin embargo, el énfasis de Luhmann en la

3 Cabe notar, sin embargo, que citando la visión evolutiva de Maturana y Varela (1984), Luhmann en una oportunidad acepta la posibilidad del surgimiento de “inadaptaciones” (cambios no favorables). Por ejemplo: “En virtud de este estar adaptado, pueden surgir inadaptaciones cada vez más audaces, siempre que no se interrumpa la continuidad de la *autopoiesis* misma” (Luhmann, 2007: 352). Si, en nuestros términos, estas inadaptaciones se “fijan” (se normalizan), ello sólo podría ocurrir por deriva aleatoria en un contexto de evolución neutral o casi neutral (Kimura, 1983; Ohta, 1992). Nótese también que el concepto de “deriva natural” acuñado por Maturana y Varela (1984) llegó a convertirse en una propuesta de teoría evolucionista en Maturana y Mpodozis (1992) que, aunque poco clara, presenta aspectos fundamentalmente neutralistas en su discurso.

comunicación como unidad basal, y el carácter autopoietico de ésta y la sociedad, hacen una diferencia importante respecto a otras posibles interpretaciones de las dinámicas evolutivas en la sociedad. El grado de abstracción con que hemos formalizado la visión de Luhmann permite en principio que dicha formalización se aplique a cualquier otra teoría de la sociedad con carácter evolutivo, donde las unidades podrían ser por ejemplo memes o culturgenes, incluyendo ideas, creencias, modas, etc. (véase nota 2). Diversas visiones evolutivas en sociología se basan en la propagación de ciertos elementos “culturales”, llamados “memes” o “culturgenes” (revisado en Haines, 2007). Pero la simple generación y fijación acumulativa no explica por sí misma cómo pueden estos memes (ideas, creencias, etc.) generar un mayor orden en el tiempo, donde se acoplen entre sí, las acciones, actividades, instituciones, leyes, normas, atribuciones, y otras propiedades sociales que permiten la generación y mantenimiento de procesos sociales complejos y ordenados, con interacciones productivas.

Por el contrario, para Luhmann la unidad básica de la sociedad es la comunicación, la cual se rige por las dinámicas de autopoiesis y acoplamiento estructural. Eso significa que la comunicación tiene en sí la propiedad de automantenerse y de mantener acoplados a sistemas de índole diversa. Así, la comunicación misma implica una cohesión de base y un mantenimiento de esta cohesión mientras los distintos elementos de los sistemas seleccionan comunicaciones. Las ideas no necesariamente cohesionan, la comunicación sí. Esta cohesión está siempre presente en cualquier variación de las relaciones comunicativas que se den en la sociedad. De este modo la acumulación de comunicaciones sí lleva a la complejización de procesos sociales, puesto que dicha acumulación sólo se da si no se pierden las relaciones comunicativas que posibilitan la propagación y normalización de variaciones. En consecuencia, estas variaciones en la comunicación surgen sobre una estructura que ya mantiene las relaciones concatenadas entre los distintos elementos sociales, y por lo tanto, donde no se reemplazan unas ideas con otras, sino que se incorporan variaciones en un sistema ya autopoietico, ya autoproduciendo su mantenimiento. Luhmann explica al respecto una analogía con los seres vivos:

Sólo la teoría de los sistemas autopoieticos obliga a la revisión conceptual. Para ella estar adaptado es presupuesto, no resultado de la evolución; y, por lo tanto, sólo es resultado en el sentido de que la evolución cuando ya no puede garantizar que algo está adaptado destruye su material (Maturana y Varela, 1984). Ahora el peso de la explicación recae sobre el concepto de acoplamiento estructural, en la inteligencia de que a través de él se garantiza siempre una adaptación suficiente para la continuidad de la *autopoiesis*. La capacidad de movimiento de los seres vivos se armoniza con la fuerza de gravedad de

la tierra. Sin embargo, con esto no se establece de qué manera –si como dinosaurio o como insecto– se utilizará la posibilidad. Así también la comunicación social depende en muchos aspectos del acoplamiento estructural –por ejemplo, en lo que respecta a la posible rapidez– con los sistemas de conciencia, sin que con eso se determine qué se comunica y cómo el sistema autopoiético de la sociedad traza sus límites con el entorno (Luhmann, 2007: 351).

La autopoiesis de la sociedad no determina qué se comunica pero implica límites o restricciones respecto al entorno (por ejemplo, los sistemas de conciencia), una especie de “homeostasis organizacional” (Maturana y Varela, 1984). Así, el mismo acoplamiento estructural entre sistemas asegura un grado de “cohesión” que supone que los sistemas de conciencia se mantienen acoplados, esto implica que los organismos humanos a su vez subsisten orgánicamente, se relacionan de forma sostenible, tienen actividades físicas y productivas que permiten la mantención de la comunicación. *La comunicación es un proceso de acoplamiento entre sistemas*. Por lo tanto, implica que los procesos acumulativos de complejización se dan siempre en un contexto de acoplamiento, lo cual explica que el orden surja a través de los procesos evolutivos en la medida que el acoplamiento está a la base.⁴

Como veremos a continuación, profundizaremos en algunas consecuencias de nuestra formalización para el análisis social y finalmente cómo el énfasis de Luhmann en la explicación evolutiva del orden social improbable, hace de su perspectiva una importante contribución para la teoría social contemporánea en torno al orden social (véanse Tabla 4 y Figura 5).

Consecuencias para el análisis social

Pensamos que el análisis realizado hasta ahora nos permite extraer algunas consecuencias respecto a la evolución social. En primer lugar, en torno a los medios de comunicación simbólicamente generalizados (MCSG); contrario a la postura de Rudolf Stichweh (2008), pensamos que los MCSG *no* son un elemento base de la teoría evolutiva de Luhmann (como posibilitador de la replicación de los replicadores), sino un tipo de “adquisición evolutiva” y, por lo tanto, un *resultado* del proceso evolutivo –no un *supuesto*– del mismo. Sin embargo, es cierto que, una vez establecidos los MCSG, pueden tener un efecto sobre futuras comunicaciones, y facilitar la complejización de estructuras ulteriores. Esto se refleja en el siguiente párrafo:

⁴ Cabe notar que esto conecta el pensamiento evolutivo de Luhmann con la tradición “estructuralista” o “desarrollista” de la biología evolutiva (véase Introducción); sin embargo, esta relación queda pendiente para una investigación ulterior.

Los medios de comunicación simbólicamente generalizados pueden garantizar la aceptación de comunicaciones con altas pretensiones, aún en condiciones improbables; esto lo logran condicionando los motivos de aceptación y haciéndolos esperables a través del condicionamiento (Luhmann, 2007 [1997]: 380).

En segundo lugar, pensamos que las analogías hasta ahora descritas de la teoría evolutiva social con la biológica permiten sugerir otras analogías, aparentemente no exploradas por Luhmann. Un ejemplo de ello es el fenómeno de la biología evolutiva de la *selección dependiente de la frecuencia* (*frequency-dependent selection*), en que la adecuación relativa de una variación puede cambiar a medida que se propaga y se va haciendo más frecuente (y así el valor de la adecuación no sería algo constante). Ello permitiría explicar por qué algunas variantes no se logran fijar sino que se quedan en *estados estables* intermedios (un aspecto de relevancia en biología evolutiva abordado con modelos de teoría de juegos).

Otro ejemplo consiste en destacar el *rol del azar en la evolución social*. Luhmann parece no considerar (por lo menos de forma central⁵) la propagación de variaciones por mero azar (o “deriva aleatoria”), es decir, cuando una variación se fija sin ser superior a cualquier alternativa, lo cual esconde posibles efectos predecibles a partir de una *teoría neutral de la evolución social*. Por ejemplo, una predicción de la biología evolutiva, aparentemente generalizable de la evolución neutral de sistemas sociales, es que en poblaciones pequeñas (que podrían ser el equivalente de sociedades o sistemas sociales pequeños) debería ser más relevante el efecto del azar que en una población grande. Aunque una teoría neutral de la evolución social no ha sido desarrollada, algunos trabajos de Nassim Taleb parecen sentar algunas bases para ello (Taleb, 2001; 2007).⁶

Por último, la perspectiva evolutiva se suma como una forma de explicación del orden social que parece irreductible a otras formas descritas clásicamente en la sociología. Las teorías del orden social pretenden presentar “soluciones” al “problema del orden social” (Hechter y Horne, 2003). El problema consiste en el desafío de explicar el origen y la mantención de procesos sociales complejos que involucran: i) conservación de expectativas estables (predictibilidad) sobre el comportamiento de los otros y sobre estados generales de la sociedad; ii) altos grados de coordinación en actividades concate-

5 Véase nota al pie núm. 3.

6 Cabe destacar que el centro del análisis de Taleb (2001; 2007) son los *eventos* improbables en sí, no las *estructuras* y *procesos* sociales complejos que se manifiestan ordenados y, por ende, con *estados* de aparentemente baja probabilidad.

nadas y organizadas; iii) cooperación a través de comportamientos prosociales; e iv) interacción productiva entre individuos.

Cabe destacar que algunas descripciones y revisiones de las teorías que intentan explicar el orden social han desestimado las teorías evolutivas. En la revisión de Hechter y Horne (2003) se mencionan cinco tipos de soluciones y curiosamente ninguna de ellas refiere a la evolución, pese a que un importante conjunto de pensadores se destaca por haber intentado afrontar este problema. Según Hechter y Horne (2003), las soluciones al problema del orden social incluyen: A) el “Significado”, donde se destacan los trabajos de Marx, Durkheim, Fleck, Mead y Cohen y Vandello, al resaltar el rol de los conceptos y creencias comunes que permiten la comprensión y comunicación necesarias para el orden social (siendo la Torre de Babel la mejor contrametafora); B) los “Valores y Normas”, donde los trabajos de Freud, Durkheim, Horne, Goffman y Fehr y Gachter permiten destacar el rol del origen de valores y normas compartidas que promueven la autorregulación de conductas prosociales; C) el “Poder y Autoridad”, representado por Hobbes, Marx, Engels, Weber y Wills, quienes destacan el rol central que tiene la existencia de alguna agencia o grupo con mayor poder y autoridad, donde el orden se produce cuando una minoría domina a una mayoría; D) el “Orden Espontáneo”, donde autores como Smith, Hayek, Schelling y Axelrod defienden que la tendencia natural de las acciones egoístas que intentan maximizar las utilidades individuales lleva a relaciones ordenadas y cooperativas; y E) los “Grupos y Redes” son destacados por autores como Simmel, Grandoverter, Gellner, Tocqueville, y Hetcher, Friedman y Kanazawa, quienes se centran en la existencia de enlaces personales entre e intra grupos que fortalecen la estabilidad social y previenen la agresión y falta de cooperación entre grupos.

Una enseñanza que nos entregan las vías evolutivas de la generación de estados improbables es que el orden y coherencia de fenómenos sociales altamente complejos no pueden explicarse sólo mediante la presencia de conceptos, creencias y normas compartidas, ni tampoco de la simple existencia de un poder central o de la tendencia espontánea a cooperar en situaciones de acción recíproca o en relaciones en red. Como ejemplo, tomemos el hecho de que la evolución social nos enseña la aparente improbabilidad del surgimiento de estructuras complejas, sin la propagación de los pasos intermedios seleccionados acumulativamente (recordemos la “sopa de letras”). Esta improbabilidad se manifiesta probable cuando estos pasos son considerados y se contempla el efecto probabilizador (o “creativo”) de la selección acumulativa, al estilo de la “sopa de letras”. Un ejemplo de esto consiste en pensar en la evolución del dinero. El paso del trueque a la tarjeta de crédito aparenta ser

extremadamente improbable. Sin embargo, cuando se contemplan los pasos intermedios que se han ido dando, y la probabilidad de fijación de cada uno de los pasos intermedios, podría llegar a considerarse una secuencia mucho más probable de lo que podría inicialmente haberse supuesto (Figura 6).⁷ La importancia explicativa de la evolución se vuelve entonces fundamental para dar cuenta del origen y mantenimiento de estructuras sociales complejas que dependen de la conservación de expectativas estables sobre el comportamiento de los otros, altos grados de coordinación en actividades concatenadas y organizadas, y relaciones cooperativas y productivas. Ello se evidencia inmediatamente en el hecho de que para que una estructura social compleja pueda surgir y mantenerse, cada una de las variantes que lo componen (y de las cuales la estructura depende) deben lograr hacerse normales (aumentar en frecuencia) antes de que surja la siguiente variante y entonces también se vuelva normal, y así sucesivamente. Creemos que la explicación evolutiva del orden social debería considerarse dentro de los tipos de soluciones al problema del orden social (*cf.*: Hechter y Horne, 2003), y que debería constituirse como uno de los principales factores explicativos del orden social complejo. El énfasis de Luhmann en la explicación evolutiva del orden social improbable se vuelve así una contribución fundamental del autor a la teoría social contemporánea.

Conclusiones

De lo expuesto, primeramente cabe concluir que la probabilización de estados y estructuras improbables en la sociedad parece ser un problema central en la teoría evolutiva de Luhmann. En segundo término, la paradoja de la probabilidad de lo improbable refiere a la ubicuidad (y por lo tanto, alta probabilidad) de estados o estructuras que parecen ser poco probables en su origen.

En tercer lugar, las soluciones evolutivas a la paradoja consisten en procesos o mecanismos que permiten que ciertas estructuras y estados poco probables se vuelvan altamente probables. Las soluciones posibles son cuatro (que llamamos “vías de probabilización”):

1. Generación espontánea.
2. Generación selectiva.

⁷ Cabe señalar que este ejemplo simplifica en extremo la secuencia y omite hechos del entorno social, como el surgimiento de la tecnología electrónica y satelital que permite el uso de tarjetas de crédito, etcétera.

3. Propagación espontánea.

4. Propagación selectiva.

En cuarto lugar, aparentemente el pensamiento evolutivo de Luhmann es consistente con tres de las cuatro vías de probabilización, siendo la excepción la propagación espontánea.

Por último, la estructura de la teoría evolutiva de Luhmann es análoga y ampliamente compatible con la teoría neodarwinista de la evolución biológica, y aparentemente es formalizable en términos probabilísticos. La comprensión probabilística de la teoría evolutiva social y la construcción de una teoría formal general de la teoría evolutiva, sin duda, puede contribuir como primer paso al desarrollo de la teoría social a nivel metodológico.

Bibliografía

- Amundson, Ron (2001), "Adaptation and development: On the lack of common ground", en *Adaptationism and Optimality*, Steven Hecht Orzak and Elliot Sober (eds.), Cambridge University Press.
- Crow, James y Kimura, Motoo (1970), *An Introduction to Population Genetics Theory*, New York: Harper & Row.
- De Duve, Christian (2005), *Singularities. Landmarks on the pathways of life*, New York: Cambridge University Press.
- Diaconis, Persi y Mosteller, Frederick (1989), "Methods for studying coincidences", en *Journal of the American Statistical Association*, vol. 84, núm. 408: 853-861.
- Etxeberria, Arantza (2004), "Autopoiesis and Natural Drift: Genetic Information, Reproduction, and Evolution Revisited", en *Artificial Life*, 10.
- Fuchs, Stephan (1988), Introduction of: "Tautology and paradox in the self-descriptions of modern society", by Niklas Luhmann, *Sociological Theory*, vol. 6.
- Gould, Stephen Jay (1988), *The Panda's Thumb*, New York: W. Norton.
- Gould, Stephen Jay (2001 [1998]), "Sobre la transmutación de la ley de Boyle en la revolución darwiniana", en *Evolución. Sociedad, Ciencia y Universo*, Barcelona: Tusquets.
- Gould, Stephen Jay (2002), *The Structure of Evolutionary Theory*, Harvard: Belknap Press.
- Haines V.A. (2007), "Evolutionary explanations", en Turner S.P. & Risjord M.W. (eds.), en *Philosophy of Anthropology and Sociology*, New York: Elsevier.
- Hechter, Michael y Horne, Christine (eds.) (2003), *Theories of Social Order: A Reader*, Stanford University Press: Stanford.
- Huxley, Julian (1936), "Natural selection and evolutionary progress", en *Nature* 3.
- Kimura, Motoo (1962), "On the probability of fixation of mutant genes in a population", en *Genetics* 47.
- Kimura, Motoo (1983), *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press.

- Luhmann, Niklas (2007 [1997]), *La Sociedad de la Sociedad*, Ciudad de México: Herder.
- Luhmann, Niklas y De Giorgi, Raffaele (1993), *Teoría de la Sociedad*, Guadalajara, México: Universidad Iberoamericana.
- Maturana, Humberto & Mpodozis, Jorge (1992), *Origen de las especies por medio de la deriva natural. O la diversificación de los linajes a través de la conservación y cambio de los fenotipos ontogenéticos*. Publicación Ocasional núm. 46: 1-48, Santiago: Museo Nacional de Historia Natural. [En inglés en *Revista Chilena de Historia Natural* 2000, 73: 261-310].
- Maturana, Humberto y Varela, Francisco (1984), *El Árbol del Conocimiento*, Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Maynard-Smith, John (1989), *Evolutionary Genetics*, New York: Oxford University Press.
- Mock, Carol y Weisberg, Herbert (1992), "Political innumeracy: encounters with coincidence, improbability and chance", en *American Journal of Political Science*, vol. 36, núm. 4.
- Morin, Edgar (1977), *El Método*, Madrid: Cátedra.
- Muller, H. J. (1929), "The method of evolution", en *The Scientific Monthly*, vol. 29, núm. 6: 481-505.
- Ohta, Tomoko (1992), "The nearly neutral theory of molecular evolution", en *Annual Review of Ecology and Systematics* 23.
- Razeto, Pablo y Frick, Ramiro (2010), "Probabilistic causation and the explanatory role of natural selection", en *Studies in History and Philosophy of Science Part C. History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* (in review).
- Simpson, George Gaylord (1947), "The problem of plan and purpose in nature", en *The Scientific Monthly*, vol. 64, núm. 6.
- Stichweh, Rudolf (2008), "Evolución biológica y sociocultural. Separaciones, interdependencias, paralelos", en *Encuentro Internacional. Luhmann: A diez años*, Santiago de Chile. (<http://www.encuentroluhmann.cl/encuentro/>).
- Taleb, Nassim Nicholas (2001), *Fooled by Randomness. The hidden role of chance in the markets and in life*, Texere, New York-London.
- Taleb, Nassim Nicholas (2001), *The Black Swan. The impact of the highly improbable*, New York: Random House.
- Vargas, Alexander (2005), "Beyond selection", en *Revista Chilena de Historia Natural*, vol. 78, núm. 4.

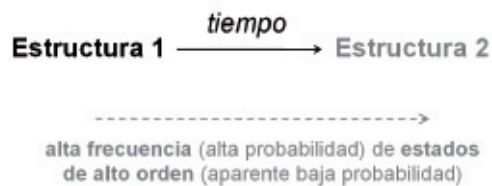
Anexo

Tabla 1

	Neo-darwinismo	Maturana	Luhmann
Importancia del rol activo del sistema más que rol activo del ambiente	No	Sí	Sí
Énfasis en la probabilidad de lo improbable	Sí	No	Sí
Rol clave de la selección para la evolución	Sí	No	Sí
Relevancia de la deriva aleatoria en la evolución	Sí/No	Sí	No

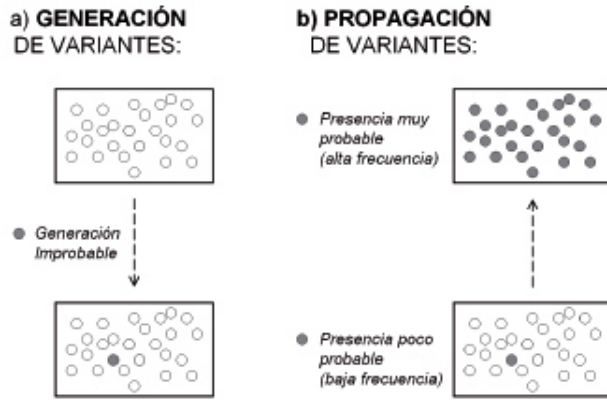
Comparación entre aspectos diferenciadores de la Teoría Evolutiva del Neodarwinismo, de Humberto Maturana y de Niklas Luhmann. Las diferencias son justificadas en el texto.

Figura 1



La paradoja de la probabilidad de lo improbable. Un sistema, partiendo de una Estructura 1 se transforma con el tiempo a una Estructura 2, y en ello, la nueva estructura adquiere una alta frecuencia (alta probabilidad) de estados de alto orden (de aparente baja probabilidad).

Figura 2



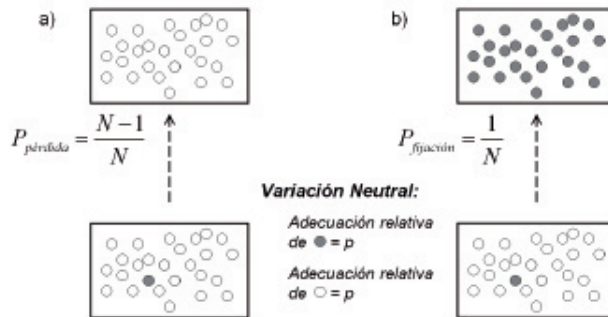
Los dos procesos centrales de la teoría evolutiva: a) generación y b) propagación de variantes. En a) se genera una variante que tiene una muy baja probabilidad de ocurrencia. En b), una variante que se encuentra en muy baja proporción dentro de la población se propaga de tal manera que se vuelve ubicua, y por lo tanto, muy probable de encontrar. Es importante notar que en a) el término “probabilidad” está asociado a un evento (generación), en cambio, en b) está asociado a la probabilidad de un resultado dentro de un sorteo (encuentro, muestreo) dentro de una población.

Tabla 2

	P_A	n
Lanzamiento de una moneda	1/2	10
Lanzamiento de un dado	1/6	38
Ruleta (un cero)	1/37	252
Lotería (siete dígitos)	1/10 ⁷	69·10 ⁶
Mutaciones puntuales (errores de replicación)	1/(3·10 ⁶) por división celular	20·10 ⁹ divisiones

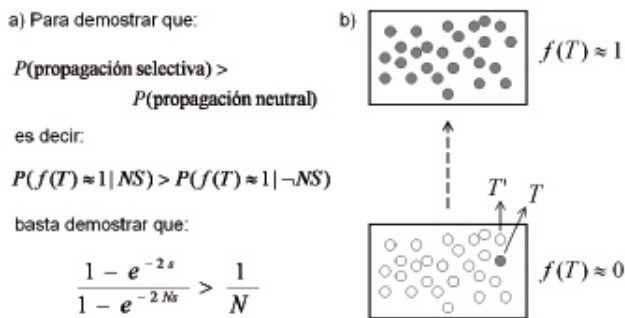
Número n de oportunidades múltiples necesarias para que eventos con probabilidad P_A de ocurrencia, adquieran una probabilidad de ocurrencia equivalente al 99.9% ($P_{P_A, n} = 0.999$). (Modificado de Duve, 2005).

Figura 3



Efectos posibles de la deriva aleatoria. Si la adecuación relativa de todos los tipos de elementos es equivalente, la a) pérdida de la variante de la población tiene una probabilidad igual a $(N-1)/N$, y la b) fijación de la variante en la población tiene una probabilidad igual a $1/N$.

Figura 4



Efecto causal de la selección positiva. La presencia de la selección aumenta la probabilidad de fijación de una variante comparado con la probabilidad de fijación en ausencia de selección. a) Instrucción para demostrar lo anterior, b) Diagrama representando el cambio en frecuencia de una variante que ha sido seleccionada positivamente.

Tabla 3

Vías de probabilización		Mecanismo	Efecto	Forma probabilística
Generación de variantes improbables	Espontánea	Oportunidades múltiples (OP)	Conversión de azar en necesidad	$P(A OP) \gg P(A \neg OP)$
	Selectiva	Selección acumulativa (SA)	Efecto creativo de la selección	$P(A SA) \gg P(A \neg SA)$
Propagación de variantes improbables	Espontánea	Deriva aleatoria (DA)	Evolución neutral	$P(f(A) \approx 1 A \text{ neutral \& DA}) > 0$
	Selectiva	Selección positiva (SP)	Propagación determinista	$P(f(A) \approx 1 SP) > P(f(A) \approx 1 \neg SP)$

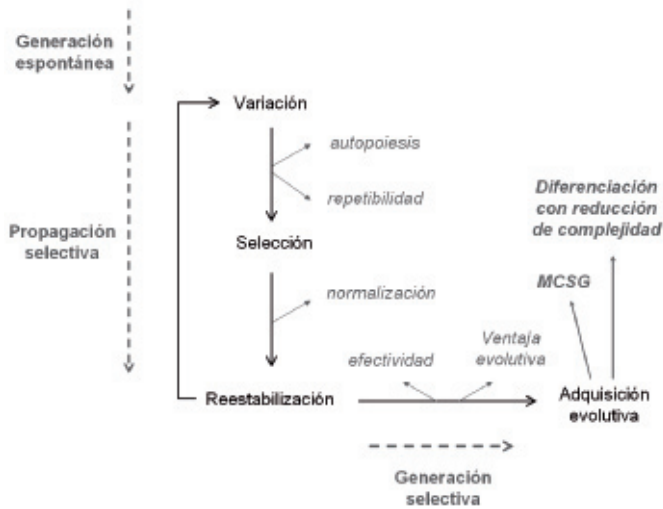
Sistematización de las vías evolutivas de probabilización de lo improbable. En la última columna se formaliza la diferencia que hay entre la probabilidad del suceso en ausencia o en presencia del mecanismo o vía de probabilización.

Tabla 4

Parámetro o proceso evolutivo clave	Evolución Biológica	Evolución Social	Interpretación sociológica	Asociación de probabilidades
Surgimiento de variante	Mutación	Variación	Una comunicación inesperada se introduce en el sistema	Probabilidad de que un determinado tipo de comunicación se lleve a cabo
Fitness de la variación	Sobrevivencia	Autopoiesis	La comunicación se da recíprocamente entre alter y ego (responden respectivamente a sus expectativas)	Probabilidad de que una comunicación responda a expectativas básicas y logre mantenerse en el tiempo localmente
	Reproducción	Repetibilidad	La comunicación puede formar estructuras idóneas para el uso repetido, es capaz de construir y condensar expectativas	Probabilidad de que una comunicación se use nuevamente en otro momento u otro contexto
Propagación selectiva de la variación	Propagación	Normalización	La comunicación se vuelve normal, el sistema puede adaptarse a la modificación pese a su alto grado de complejidad	Probabilidad de que una comunicación logre propagarse lo suficiente para dejar de ser simplemente local
	Sustitución	Reestabilización	La comunicación es sustentable en el sistema y se ha institucionalizado	Probabilidad de que una comunicación se institucionalice
Formación de estructura compleja por acumulación selectiva de variantes	Acumulación de mutaciones favorables se mantiene en el tiempo dada su grado de adaptación	Efectividad	La comunicación no sólo puede propagarse si no que es particularmente "apropiada": eficiente	Probabilidad de que la comunicación sea más eficiente que otras de acuerdo a parámetros contextuales
		Ventaja evolutiva	Se constituye un arreglo estructural dotado de evidente superioridad respecto de sus equivalentes funcionales (generalmente mediante reducción de la complejidad)	Probabilidad de que la comunicación se mantenga en su forma institucionalizada sin ser reemplazada por otra
Resultado evolutivo	Adaptación	Adquisición evolutiva	Estructura sistémica compleja de alto orden	Probabilidad de que se formen estructuras ordenadas en el tiempo

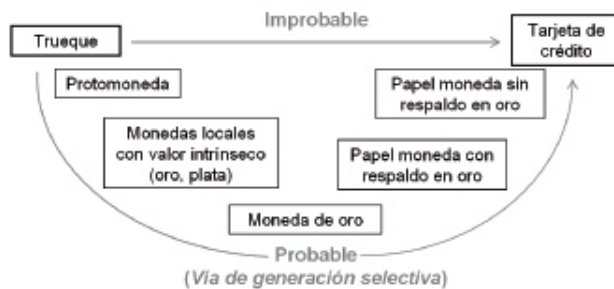
Caracterización propuesta de la relación entre elementos de contenido de la teoría evolutiva biológica neodarwinista y la teoría evolutiva social de Luhmann.

Figura 5



Esquema secuencial que describe los procesos evolutivos de la teoría de la evolución social de Luhmann. Se encuentran tres de las cuatro vías de probabilización descritas en el texto, las cuales en último término convergen a adquisiciones evolutivas, como la diferenciación con reducción de complejidad y los medios de comunicación simbólicamente generalizados (MCSG).

Figura 6



Evolución del dinero. El paso improbable del trueque a la tarjeta de crédito se manifiesta probable a través de la consideración de los pasos intermedios y del efecto creativo que puede tener la vía de generación selectiva mediante la acumulación selectiva de variaciones fijadas.

Pablo Razeto-Barry. Doctor en Ciencias, mención Ecología y Biología Evolutiva, Universidad de Chile, Santiago de Chile. Magíster en Estudios Filosóficos, Universidad Alberto Hurtado, Chile. Director Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad, Santiago, Chile. Investigador Adjunto, Instituto de Ecología y Biodiversidad, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Líneas de investigación: biología teórica, filosofía de la ciencia, ciencias de la complejidad. Publicaciones recientes: como coautor de “Molecular Evolution, Mutation Size and Gene Pleiotropy: a Geometric Reexamination”, en *Genetics* (ISI) (2010); como coautor de “Amplitude Modulation Patterns of Local Field Potentials Reveal Asynchronous Neuronal Populations”, en *The Journal of Neuroscience*, 27(34) (2007); como coautor de “Educación Indirecta. Bases y Desafíos de un Nuevo Sistema Educativo”, en *Polis*, vol. 5, núm. 17 (Indización SCIELO) (2007).

Javiera Cienfuegos Illanes. Socióloga, Universidad Alberto Hurtado. Doctoranda en Sociología, Colegio Internacional de Graduados del Instituto de Estudios Latinoamericanos, Universidad Libre de Berlín (Freie Universität). Profesora adjunta Universidad Alberto Hurtado. Miembro del Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad, Santiago, Chile. Líneas de investigación: migración internacional, sociología de la familia, estadística social, sociología de la ciencia. Publicaciones recientes: “Retratos: historial jurídico de detenidos desaparecidos”, en *Catálogo de la obra de Carlos Altamirano (1977-2007)*, Santiago de Chile (2007); “Migrant Mothers and divided homes: Perceptions of inmigrant peruvian women about motherhood”, en *Journal of Comparative Family Studies*, vol. XXXXI (2) (Indización ISI) (2010).

Recepción: 19 de febrero de 2009.

Aprobación: 16 de diciembre de 2010.