

Lógica

Apuntes de la asignatura

Índice

1. Tema 1: Lógica Proposicional (orden cero)	4
1.1. Sintaxis	4
1.1.1. Sintaxis vs. semántica	4
1.1.2. ¿Qué es una concatenación?	4
1.1.3. Fórmulas bien formadas (fbf)	4
1.1.4. Cálculo grado lógico	4
1.1.5. Signo lógico principal	5
1.1.6. Subfórmulas y subfórmulas inmediatas. Definiciones	5
1.1.7. Árbol de descomposición	5
1.1.8. Valores y tablas de verdad	6
1.2. Semántica	7
1.2.1. Modelo de una fórmula	7
1.2.2. Fórmula satisfacible	7
1.2.3. Conjunto satisfacible de fórmulas	7
1.2.4. Fórmula insatisfacible	7
1.2.5. Conjunto insatisfacible de fórmulas	7
1.2.6. Interpretación contingente	7
1.2.7. Verdad lógica	8
1.2.8. Consecuencia lógica	8
1.2.9. Fórmula independiente	9
1.2.10. Conjunto independiente de fórmulas	9
1.2.11. Equivalencia lógica	9
1.2.12. Pregunta de estas cosas	9
1.3. Árboles analíticos	9
1.4. Deducción natural	10
2. Tema 2: Lógica Cuantificacional (primer orden)	10
2.1. Definiciones y alfabeto	10
2.2. Sustitución de variables libres	12
2.3. Evaluación en estructuras	12
3. Tema 3: La Naturaleza de la Lógica	13
3.1. Cisne Negro	13
3.2. Las expectativas y los esquemas mentales	13
3.3. Sesgos cognitivos	14
3.4. ¿Cómo conseguir la objetividad?	14
3.5. Sesgos en la evaluación de pruebas	14
3.5.1. Sesgo del criterio del impacto	15
3.5.2. El sesgo de la ausencia de pruebas	15
3.5.3. El sesgo de la hipersensibilidad a la consistencia	15
3.5.4. Enfrentarse a pruebas imprecisas	16
3.5.5. Persistencia de las impresiones basadas en pruebas descartadas	16
3.6. Sesgos en la percepción de la causa y el efecto	17
3.6.1. Sesgo a favor de las explicaciones causales	17
3.6.2. Sesgo que favorece la percepción de una dirección centralizada	17

3.6.3. Sesgo de similitud causa y efecto	17
3.6.4. Causas internas contra causas externas de un comportamiento	17
3.6.5. Sobrestimar la importancia de uno mismo	18
3.6.6. Correlación ilusoria	18
3.7. Sesgos en la estimación de probabilidades	18
3.7.1. Sesgo de disponibilidad	18
3.7.2. Sesgo de anclaje	19
3.7.3. Evaluación de las probabilidades de un escenario	19
3.8. Sesgos en la evaluación de los propios resultados	20
3.8.1. Los analistas sobrestiman sus juicios	20
3.8.2. El decisor tiende a subestimar aquello que ha aprendido	20

Licencia del presente documento

Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

Esta obra se publica bajo la licencia Creative Commons BY 4.0 Internacional, salvo indicación expresa en otro sentido. Para obtener más información sobre las características de esta licencia puede utilizar los siguientes enlaces:

- Summary of CC BY 4.0 International as well as the legal code (English version).
- Resumen de CC BY 4.0 Internacional así como el código legal (versión en castellano).

Las aportaciones de los diferentes autores pueden tener distintas licencias y permisos. Contacte con estos para obtener más información. **En concreto, este documento es una recopilación de los materiales facilitados por el equipo docente de la URJC, agrupada de aquí para facilitar el estudio propio.**

Descarga del documento desde Woulah

Es posible que hayas descargado este documento desde el sitio web de *wuolah.com*. Al hacerlo, este servicio añade publicidad y modifica levemente el formato. Si necesitaras, o prefirieras acceder a este documento sin estas modificaciones, envíame un mensaje a través del formulario disponible en cgis.gonzaleztroyano.es

1. Tema 1: Lógica Proposicional (orden cero)

1.1. Sintaxis

Dentro de la sintaxis saber que se podrían haber definido los símbolos de manera distinta, pero una vez se definen así los mantenemos.

1.1.1. Sintaxis vs. semántica

Son los dos elementos para considerar a un lenguaje *lenguaje*.

- Un conjunto de reglas que establezcan si las expresiones usadas tienen la forma correcta. Estas reglas constituyen lo que se denomina la **Sintaxis** del lenguaje.
- Una definición clara de qué se considera una afirmación cierta o verdadera. Las reglas que establecen la veracidad de las expresiones que usemos forman lo que se denomina la **Semántica** del lenguaje.

1.1.2. ¿Qué es una concatenación?

Una concatenación es una operación básica que consiste en la producción de rstras o expresiones de L . Es una operación de n argumentos, cuyo resultado es una ristra de signos. *Pulsar teclas en teclado, una tras otra.*

1.1.3. Fórmulas bien formadas (fbf)

De todas las rstras de signos producidas por concatenación, solamente serán fórmulas bien formadas finitas, aquellas que satisfagan los siguientes criterios:

- Si ϕ es de la forma p_i : $i \in \mathbb{N}$ o $\neg$, entonces ϕ es una fbf.
- Si ψ es una fbf, $\neg\psi$ es una fbf.
- Si ϕ y ψ son fbfs, entonces:
 - $\phi \wedge \psi$ es una fbf.
 - $\phi \vee \psi$ es una fbf.
 - $\phi \rightarrow \psi$ es una fbf.

El conjunto de todas las rstras bien formadas es un subconjunto de todas las rstras posibles de L . Llamamos a este conjunto $\mathcal{L}$

1.1.4. Cálculo grado lógico

El grado lógico es el número de signos lógicos que aparecen en cada una de las fórmulas.

0 Sean ϕ y ψ fórmulas en $\mathbb{L}$.

1. Si ϕ es una fórmula elemental, o $\top$ o $\neg$ $\rightarrow \text{gr}(\phi) = 0$.
2. $\text{gr}(\neg\phi) = 1 + \text{gr}(\phi)$
3. $\text{gr}(\phi \diamond \psi) = 1 + \text{gr}(\phi) + \text{gr}(\psi)$

Ejemplo: calcular grado lógico

Dada la fórmula $\neg a$, podemos afirmar que:

- a es una fórmula elemental. Por tanto su grado es 0.
- Tal y como vemos en la regla 2, $gr(\neg\phi)$. Hemos de sumar 1 al grado lógico de ϕ , que es 0.
- Por tanto, $1+0=1$.

Dada la fórmula $(\neg a) \rightarrow (\neg\neg b)$, podemos afirmar que:

- (Regla 3). Debemos sumar 1 por el condicional. Después, calculamos los grados lógicos de cada subfórmula inmediata.
- (R2). Para el antecedente del condicional, ya lo tenemos calculado antes: $gr(\neg a) = 1$.
- (R2). Para el consecuente del condicional, calculamos el grado lógico de $\neg\neg b$, que es 2.
- Por tanto, para calcular el grado lógico sumamos $1+1+2 = 4$.

1.1.5. Signo lógico principal

Es el último signo lógico introducido por el último operador de concatenación en la secuencia de formación de la fórmula. Puesto que una fórmula ha de ser generada mediante una secuencia finita de aplicaciones de operadores de concatenación, cada fórmula solo puede formarse de una única manera.

1.1.6. Subfórmulas y subfórmulas inmediatas. Definiciones

Una subfórmula inmediata lo que asume es que ninguna fórmula es subfórmula inmediata de sí misma. Mientras que en una subfórmula, toda fórmula es subfórmula de sí misma. Una **subfórmula** se define como:

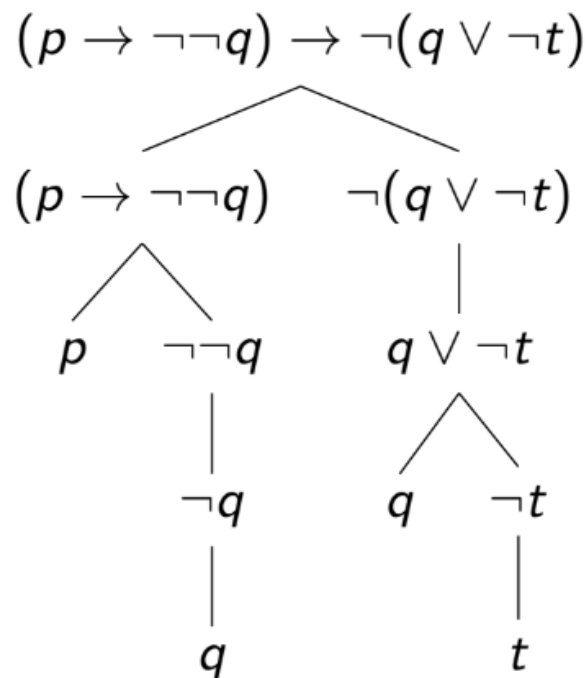
- Si ϕ es una fórmula elemental, la única subfórmula de ϕ es ella misma.
- Si ψ es de la forma $\neg\phi$, entonces son subfórmulas de ψ : $\neg\phi$ y todas las subfórmulas de ϕ .
- Si p es de la forma $\phi \diamond \psi$, entonces son subfórmulas de p : $\phi \diamond \psi$, las subfórmulas de ϕ y las subfórmulas de ψ .

Las **subfórmulas inmediatas** se definen como:

- Una fórmula elemental no tiene subfórmula inmediata.
- ψ es la única subfórmula inmediata de $\neg\psi$
- ψ y ϕ son las únicas subfórmulas inmediatas de $\psi \diamond \phi$.

1.1.7. Árbol de descomposición

No es necesario memorizar la definición. Lo importante es saber cómo se hace y ver que son exactamente iguales el árbol de composición y descomposición.



El **Lema de descomposición única** y el proceso de descomposición de una fórmula son uno y exactamente el mismo. En representación por medio de árboles solamente cambia el sentido (manteniéndose los valores módulo y dirección y siendo, además, los únicos posibles).

1.1.8. Valores y tablas de verdad

1. $v(\neg\phi) = 1$ syss $v(\phi) = 0$ y $v(\neg\phi) = 0$ syss $v(\phi) = 1$.
2. $v(\phi \wedge \psi) = 1$ syss $v(\phi) = 1$ y $v(\psi) = 1$. En otro caso, $v(\phi \wedge \psi) = 0$.
3. $v(\phi \vee \psi) = 0$ syss $v(\phi) = 0$ y $v(\psi) = 0$. En otro caso, $v(\phi \vee \psi) = 1$.
4. $v(\phi \rightarrow \psi) = 0$ syss $v(\phi) = 1$ y $v(\psi) = 0$. En otro caso, $v(\phi \rightarrow \psi) = 1$.
5. Si ϕ es una fórmula elemental $v(\phi) = 1$ o $v(\phi) = 0$. Este es el caso mínimo o condición de parada del análisis recursivo.

Una tabla de verdad es una matriz tal que cada fila es una **interpretación** y cada columna un caso o fórmula. Cada valor de la matriz está identificado por el número de orden de la fila y la columna.

Tip: Para construir una tabla de verdad completa basta con indicar 1/0 para cada interpretación (*hacia abajo*). Luego, 1/1/0/0 (multiplicamos x2) y así sucesivamente. Por ejemplo, la tercera *columna* (proposiciones) será 1/1/1/1/0/0/0/0/0. Realmente es 2^n .

En una tabla de verdad:

- Cada fila representa una posible interpretación para las proposiciones lógicas implicadas en la fórmula.
Cada interpretación posible para una fórmula.
- Cada columna representa el valor de verdad de la fórmula para la interpretación en estudio.

Conjunción:

p	q	$p \wedge q$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Condicional:

p	q	$p \rightarrow q$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Disyunción:

p	q	$p \vee q$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Negación:

p	$\neg p$
1	0
0	1

1.2. Semántica**1.2.1. Modelo de una fórmula**

Una fórmula que sea verdadera en una fila. Se dice que esa fila, esa **interpretación**, es un modelo.

1.2.2. Fórmula satisfacible

Una fórmula ϕ es, veritativo-funcionalmente, satisfacible syss existe una interpretación v tal que $v(\phi) = 1$. Tiene al menos una interpretación verdadera.

1.2.3. Conjunto satisfacible de fórmulas

Un conjunto de fórmulas Γ es, veritativo-funcionalmente, satisfacible syss existe una interpretación v tal que $v(\phi) = 1$ para toda $\phi \in \Gamma$.

Si hay una interpretación que es un modelo para todas las fórmulas que pertenecen al conjunto.

1.2.4. Fórmula insatisfacible

No tiene al menos una interpretación en la tabla de verdad que sea verdadera. Se suelen llamar contradicciones.

1.2.5. Conjunto insatisfacible de fórmulas

No hay ninguna sola fila, interpretación, en la que todas las fórmulas del conjunto valgan 1 a la vez.

Un conjunto insatisfacible de fórmulas puede estar formado por fórmulas satisfacibles, simplemente no tiene porque coincidir.

1.2.6. Interpretación contingente

Una fórmula ϕ es, veritativo-funcionalmente, contingente syss existen, al menos, dos interpretaciones v y w tales que $v(\phi) = 1$ y $w(\phi) = 0$.

Tiene al menos una interpretación verdadera y al menos una falsa.

1.2.7. Verdad lógica

Una fórmula ϕ es veritativo-funcionalmente una verdad lógica si $v(\phi) = 1$ para toda interpretación posible. Habitualmente suelen llamarse “tautologías”. Escribimos $\models \phi$.

Siempre es 1, todas las interpretaciones son modelos.

1.2.8. Consecuencia lógica

Una fórmula ϕ es veritativo-funcionalmente **consecuencia** de un conjunto Γ de fórmulas si $v(\phi) = 1$ en cada interpretación en que Γ es satisfacible. Escribimos $\Gamma \models \phi$.

- Corolario: si ϕ es una tautología, $\Gamma \models \phi$ para cualquier Γ .
- Corolario: $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n\} \models \phi$ si $(\gamma_1 \wedge \gamma_2 \wedge \dots \wedge \gamma_n) \rightarrow \phi$ es una tautología.
- Corolario: $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n\} \models \phi$ si $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n\} \cup \neg\phi$ es insatisfacible.

La conclusión será consecuencia lógica de unas premisas si la fórmula conclusión tiene un valor 1 en todas las interpretaciones las que Γ sea satisfacible.

Si yo tengo un conjunto de fórmulas, α, β, γ que son todas 1 (verdaderas) en una interpretación, i_n . Y también en otra interpretación (i_m), pero no en el resto (el resto de interpretaciones ya no son satisfacibles).

α, β, γ forman un conjunto de fórmulas satisfacibles en estas interpretaciones, i_n e i_m . Si en esas dos la fórmula ϕ devuelve valor 1, entonces la fórmula ϕ es consecuencia lógica del conjunto de fórmulas.

ϕ va a tener que ser 1 en todas las interpretaciones que el conjunto de premisas tenga por modelos. Es decir, en todas las interpretaciones en las que el conjunto de premisas forme un conjunto de fórmulas satisfacibles (que puede que no sea ninguno).

NOTA: explicación

El concepto de “consecuencia lógica” es esencial en la lógica y se refiere a la relación entre un conjunto de fórmulas (llamado “premisas”) y otra fórmula (llamada “conclusión”). Decimos que una fórmula es consecuencia lógica de un conjunto de fórmulas si se deduce lógicamente a partir de ese conjunto. Es decir, la fórmula es verdadera en todos los modelos en los que todas las fórmulas del conjunto son verdaderas.

Por ejemplo, si tenemos el conjunto de fórmulas $\Gamma = P \rightarrow Q, P$ y queremos saber si la fórmula Q es consecuencia lógica de Γ , podemos hacer una demostración lógica para deducir que Q es verdadera en todos los modelos en los que P y $P \rightarrow Q$ son verdaderas. Si podemos demostrar esto, entonces concluimos que Q es consecuencia lógica de Γ .

En resumen, la consecuencia lógica es una relación que nos permite establecer si una fórmula se deduce lógicamente a partir de un conjunto de fórmulas. Esta relación es fundamental en la lógica y nos permite razonar de manera rigurosa y precisa sobre las implicaciones de un conjunto de premisas.

1.2.9. Fórmula independiente

Una fórmula ϕ es veritativo-funcionalmente independiente de un conjunto de fórmulas Γ syss ϕ no es consecuencia lógica de Γ . Es decir, hay modelos de Γ que no lo son de ϕ . Escribimos $\Gamma \not\models \phi$.

Es independiente cuando NO es consecuencia lógica.

1.2.10. Conjunto independiente de fórmulas

Es aquel conjunto en el cual, si yo extraigo una fórmula cualquiera de ese conjunto, de las que queden, esa fórmula es independiente. Sea cual sea, y para todas las fórmulas.

Ningún conjunto de fórmulas que sea independiente puede ser satisfacible. Porque si hubiera una interpretación en la que todas las fórmulas del conjunto fueran verdaderas, entonces podríamos *quitar* una, y esa sería consecuencia lógica del resto. Porque sé que es verdad en esa misma interpretación.

Es decir, todo conjunto independiente de fórmulas, automáticamente es insatisfacible.

1.2.11. Equivalencia lógica

Dos fórmulas son equivalentes cuando las puedo sustituir.

1.2.12. Pregunta de estas cosas

Un conjunto de fórmulas Γ es veritativo-funcionalmente insatisfacible syss no existe al menos un mismo modelo para cada una de las γ . Esto implica que ninguna fórmula podrá ser nunca consecuencia lógica de dicho conjunto. Pero, ¿es posible que una fórmula sea consecuencia lógica de un conjunto Δ si este es independiente? ¿Puede un conjunto ser independiente sin ser insatisfacible?

Pista: recuerda que un conjunto de fórmulas es veritativo-funcionalmente independiente syss XXX

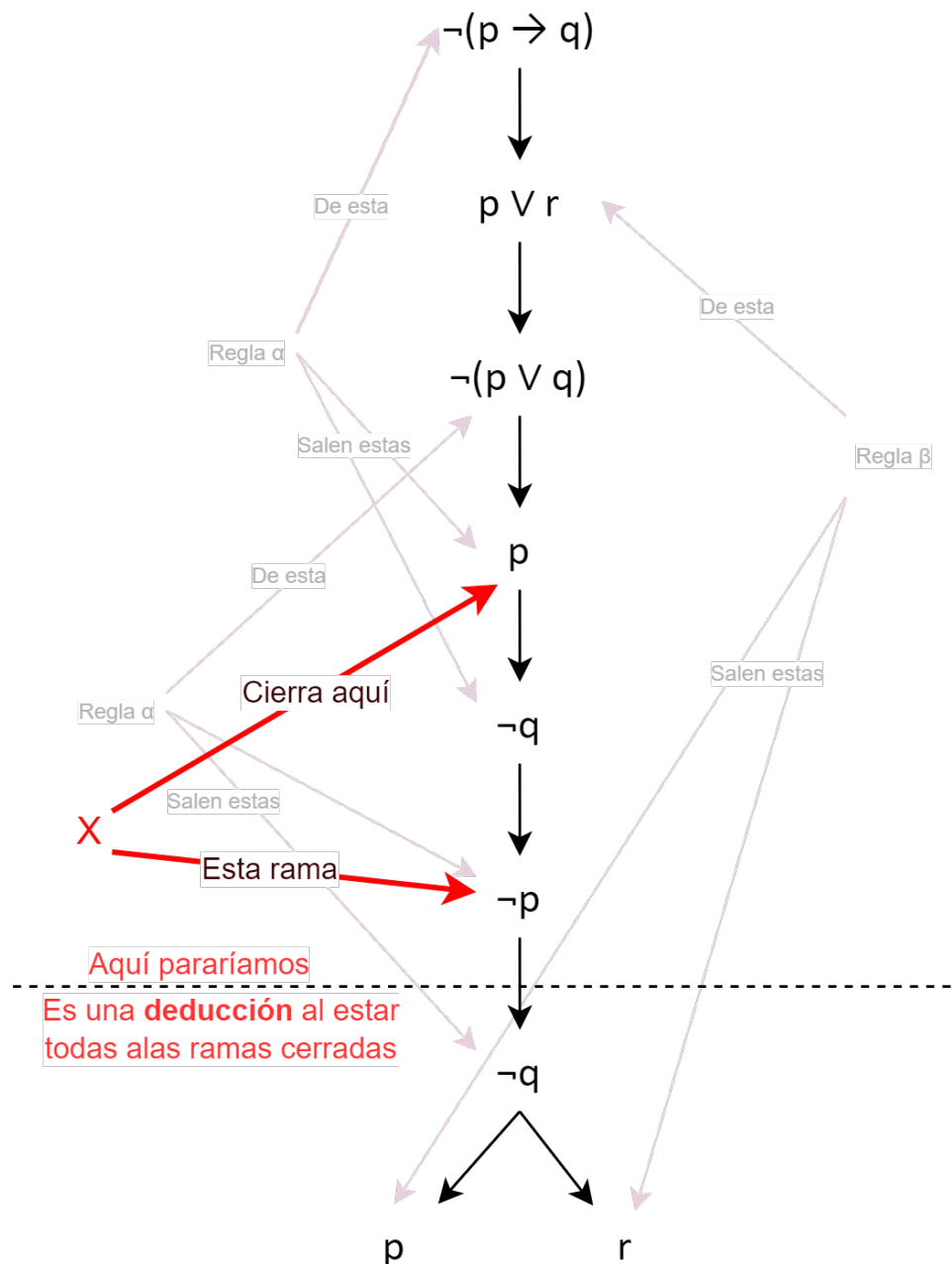
1.3. Árboles analíticos

No van a entrar las definiciones, pero sí caerá un árbol analítico.

Toda ramificación tiene un nodo terminal desde el cual es posible determinar si la rama está cerrada o abierta. Existirá una deducción syss toda rama está cerrada.

Deducción al absurdo:

- Escribimos como nodo raíz la primera premisa e inmediatamente como nodos sucesores el resto de premisas.
- Escribimos la conclusión negada.
- Se expande el árbol mediante aplicación de reglas del cálculo.
- Cuando todas las fórmulas existentes que no sean elementales hayan servido de base para la aplicación de una regla, el árbol está acabado.
- Si en el camino del nodo terminal de una rama existe, al menos, una contradicción, entonces decimos que esta rama está cerrada.
- Un árbol analítico acabado con todas las ramas cerradas es una refutación.



1.4. Deducción natural

No va a entrar un ejercicio completo de D.N., aunque sí es interesante saber qué significan las cosas en este método.

Partimos de una(s) premisa(s). A esas premisas les aplicaremos reglas en una nueva línea. Cada línea que SALE es una hipótesis. De esta pueden salir subhipótesis.

2. Tema 2: Lógica Cuantificacional (primer orden)

2.1. Definiciones y alfabeto

- **Dominio:** colección de objetos no vacía sobre la que trabajamos (separar teoría y realidad) cada uno de los cuales puede ser asignado por una constante individual. Ejemplos: $\mathbb{N}$, decimales de π , factores primos

de 30, ...

- **Términos individuales.** Constante o variable individual sola. A menudo se llaman simplemente términos. Un término es una parte de la proposición pero carece de contenido proposicional. No son susceptibles de ser 1 ni 0.
 - Constantes individuales: $a, b, c, \dots$
 - Variables individuales: $x, y, z, \dots$
 - Libres.
 - Ligadas.
- **Términos predicativos:** $P, Q, R, S, \dots$
 - 2.1. Monádicos: $Pa, Pb, \dots, Px, Py, \dots$
 - n -ádicos: $Raa, Rab, Rbb, \dots, Rxx, Rxy, \dots, Raaa, Raab, \dots$
 - Igualdad: $=$.
- Alfabeto de L ampliado con cuantificadores: $\forall, \exists$.
- Una **fórmula** de un lenguaje de primer orden es toda sucesión finita de símbolos de dicho lenguaje correctamente concatenados para formar fbfs según las reglas del propio cálculo y pueden ser:
 - Elementales: si tiene al menos un símbolo predicativo pero no tiene símbolos lógicos y es una fbf. Puede ser 1 o 0. $P(a)$ o $a = a'$
 - Compuestas: tiene al menos un símbolo lógico y es una fbf. Puede ser 1 o 0.

Fórmulas y enunciados/oraciones compuestas A partir de una fórmula o enunciado elemental se puede obtener todo enunciado u oración compuesto, que llamaremos simplemente enunciado, a partir de las siguientes reglas:

- Toda fórmula elemental es un enunciado y ningún término lo es.
- Si ϕ es un enunciado, $\neg\phi$ lo es también.
- Si ϕ y ψ son enunciados, $\phi \diamond \psi$ también lo es.
- Si ϕ es un enunciado y α una variable, $\forall\alpha(\phi)$ y $\exists\alpha(\phi)$ son enunciados.

Si el enunciado no tiene ninguna variable libre, además, decimos que es una oración o que está cerrada.

Variables ligadas/libres En la expresión $\forall x \exists y (x, y \in \mathbb{N}^y = x + z)$ decimos que las variables x e y están ligadas y que z está libre.

2.2. Sustitución de variables libres

Si ϕ es un enunciado de primer orden, x una variable individual y a es una constante, la **sustitución** de x por a u otra variable en ϕ es la fórmula obtenida al reemplazar en ϕ cada aparición libre de x en ϕ por a o la variable correspondiente (las constantes representan objetos). Escribimos la fórmula cuyas variables sustituiremos entre paréntesis y como superíndice la variable a sustituir y como subíndice el término que la sustituirá, $(\phi)_a^x$. Son ejemplos:

- $(Px)_y^x = Py$
- $(Py)_c^y = Pc$
- $(\forall x(Rxy \rightarrow Py))_c^y = \forall x(Rxc \rightarrow Pc)$
- $(\forall y(Ryx \rightarrow Px))_c^x = \forall y(Ryc \rightarrow Pc)$
- $(\forall y(Px \rightarrow Ryx))_y^x = \forall y(Py \rightarrow Qyy)$

Una sustitución es simultánea si se sustituyen, respectivamente, las variables $x_1, \dots, x_n$ por los términos $a_1, \dots, a_n$ uno a uno y escribimos $(\phi)_{a_1, \dots, a_n}^{x_1, \dots, x_n}$. Otra notación igualmente extendida escribe $\Phi[x/a]$ para representar que en la fórmula Φ han de sustituirse las x libres por a . Debe tenerse en cuenta que $(\phi)_{a_1, a_2}^{x_1, x_2}$ puede ser distinta de $((\phi)_{a_1}^{x_1})_{a_2}^{x_2}$. Así, por ejemplo:

- $(Rxy)_{y,x}^{x,y} = Ryx$.
- $((Rxy)_y^x)_x^y = (Ryy)_x^y = Rxx$.

2.3. Evaluación en estructuras

La clave en este cálculo es entender la diferencia entre el para todo ($\forall$) y el *existe al menos uno* ($\exists$). Luego, la evaluación de verdad de una fórmula dependerá también del dominio en el que la evaluemos.

3. Tema 3: La Naturaleza de la Lógica

3.1. Cisne Negro

El cerebro, aun siendo una máquina muy potente, a veces no trabaja de la forma más correcta, lo que puede llevar a **errores de percepción**, a emitir juicios equivocados o a tomar decisiones erróneas.

Tendemos a percibir aquello que esperamos percibir.

Como ejemplo tenemos la historia del **Cisne Negro**. Antes del descubrimiento de Australia, se creía que todos los cisnes eran blancos. En ese momento era una teoría irrefutable. Sin embargo, se descubrió que en Australia los cisnes también podían ser negros.

Esto ilustra una grave limitación del aprendizaje que se hace desde la observación o la experiencia, así como la fragilidad de nuestro conocimiento. Una sola observación es capaz de invalidar una afirmación generalizada.

El Cisne Negro es un suceso que se caracteriza por los siguientes atributos:

- Es una rareza, porque está fuera de las expectativas generalizadas.
- Produce un impacto repentino en los esquemas mentales.
- Pese a su condición de rareza, la naturaleza humana hace que inventemos explicaciones de su existencia después del hecho, con lo que, erróneamente, se hace explicable u predecible.

Lo anterior se debe principalmente al error de la confirmación: pensamos que el mundo en el que vivimos es más comprensible, más explicable y, por consiguiente, más predecible de lo que es en realidad. Nos centramos en segmentos preseleccionados de lo visto y, a partir de ahí, generalizamos en lo no visto.

En conclusión, la lógica del Cisne Negro hace que **lo que no sabemos sea más importante que lo que sabemos**.

3.2. Las expectativas y los esquemas mentales

Todo aquello que se espera percibir viene determinado por la propia experiencia de vida, por la formación, la trayectoria profesional, la cultura y las normas sociales, pero también por el contexto y el entorno del momento.

Un **esquema mental** aparece cuando todos esos factores se convierten en un **mecanismo automático de percepción, sin tener en cuenta otros factores externos o independientes**.

Estos esquemas mentales no son exclusivamente malos o algo a evitar, aunque sí cabe decir que apartan al observador de la realidad y la objetividad.

Estos esquemas realizan una **función muy útil** para el cerebro: facilitan el proceso de grandes cantidades de estímulos que entran por los sentidos, los datos en informaciones que se usan en cada instante para realizar juicios y tomar decisiones.

Sin ellos, probablemente el cerebro se saturaría o perderíamos parte de las sensaciones de nuestro entorno, así que gracias a estos atajos comprendemos más cantidad de información y con menos esfuerzo.

Características de los esquemas mentales:

- Se forman muy rápidamente. Una vez formados, son muy resistentes al cambio.
- Cualquier nueva información se asimila a alguna imagen o idea existente.

Estas características son el motivo principal de porqué a veces cuesta tanto cambiar de opinión, ver las cosas desde otro punto de vista, ponerse en la piel de otra persona, generar nuevas ideas o soluciones a problemas con los que se lleva mucho tiempo trabajando.

3.3. Sesgos cognitivos

Un sesgo cognitivo es **un error** mental causado por las estrategias que usa el cerebro para simplificar el procesamiento de la información. No se trata de sesgos culturales, organizativos, etc. Tampoco tienen que ver con las emociones. Son, una vez más, errores mentales, persistentes y predecibles que se producen en el subconsciente.

Los sesgos cognitivos persisten al igual que una ilusión óptica. Incluso después de haberse dado cuenta del error, hay cierta tendencia a repetirlo. Por lo que ser consciente del sesgo tampoco implica necesariamente más precisión en el juicio futuro.

3.4. ¿Cómo conseguir la objetividad?

Al no poder evitar completamente los sesgos cognitivos ni los esquemas mentales, se deben buscar otras formas de conseguir la máxima objetividad, sin aspirar nunca a la objetividad absoluta.

Algunas técnicas para conseguir objetividad:

1. **Simplificar la hipótesis lo máximo posible:** Si se crean hipótesis y se intentan hacer lo más sencillas y explícitas posible, se reduce la probabilidad de que los sesgos o esquemas mentales puedan alterar el resultado.
2. **Trabajo en equipo:** Los sesgos cognitivos y esquemas mentales son individuales. El trabajo en equipo, por tanto, hace que los que participan en un determinado análisis se complementen y mejoren el resultado final.
3. **Multidisciplinariedad:** Cuanto más multidisciplinar sea un analista o un equipo de personas, menos afectarán los sesgos y esquemas mentales ya que se podrán tener en cuenta multitud de puntos de vista diferentes.
4. **Técnicas de análisis estructurado:** existen determinadas técnicas que contribuyen y facilitan la objetividad. Estas técnicas requieren entrenamiento y práctica, pero permiten tener en cuenta variables que, sin ellas, sería difícil tener en cuenta y, por tanto, alejan la afectación posible de los sesgos cognitivos.
5. Combinar **tecnología con analistas:** la inteligencia artificial, el *data mining* y cualquier otro sistema que permita analizar la información desde un punto de vista computacional, facilita que el analista pueda centrarse en otras tareas que requieran incondicionalmente la presencia y participación humana.

3.5. Sesgos en la evaluación de pruebas

Debido a que la materia prima con la que trabaja el analista son los datos e informaciones, éstos pueden presentar ciertas debilidades para el analista al estar manipulados, sesgados, o ser parte de una acción de desinformación. Por ello, es necesario que el analista, antes de nada, evalúe esta materia prima.

Para evaluar cualquier dato o información, es necesario validar cuatro variables principales: relevancia, oportunidad, fiabilidad y exactitud.

Esta evaluación inicial determina qué se utilizará y qué se descartará. Por lo tanto, se trata de una tarea crítica que también está sujeta al impacto y afectación de los sesgos cognitivos y, por tanto, puede estar

influenciada por errores mentales tanto de las personas que obtuvieron dicha información como por el analista de inteligencia en su proceso de evaluación.

3.5.1. Sesgo del criterio del impacto

La información fresca, vívida, concreta y personal tiene más impacto en el pensamiento que la información abstracta, difusa e impersonal. Este sesgo surge y ocurre por tres motivos:

- Las propias experiencias son más fáciles de recordar que las experiencias de otros.
- Es más fácil recordar una palabra concreta que una palabra abstracta.
- Las palabras evocan imágenes, aportan más detalle y son más fáciles de recordar que una proporción estadística.

Todo aquello que recordamos con más facilidad es más probable que condicione nuestras percepciones, criterios, perspectivas y, por tanto, decisiones.

3.5.2. El sesgo de la ausencia de pruebas

La ausencia de pruebas dificulta el tener en cuenta o considerar la existencia de otros elementos útiles y claves para realizar la evaluación o el análisis. Esto implica que el analista acaba trabajando solo con aquello que dispone sin entender que le falta información esencial para poder analizar correctamente.

Si en algún momento se llega a ser consciente que falta cierta información, entonces se puede:

- Retroceder en el Análisis y activar de nuevo la fase de obtención.
- Si no hay tiempo para volver a iniciar el Análisis, estimar el impacto que puede tener la información ausente y reajustar, a la baja, la confianza que el analista tenga en las conclusiones del análisis, aumentando por tanto el nivel de incertidumbre.

Debido a que se trata de un sesgo y, por tanto, es difícil darse cuenta de cuando está afectando al analista, un buen mecanismo para reducir el impacto de este sesgo es estructurar el análisis.

Para estructurar el análisis, se puede:

1. Identificar, listar y hacer explícitas las variables en las que falta información.
2. Crear diferentes hipótesis relacionadas con esas variables y su falta de información.
3. En función de la validación o refutación de estas hipótesis, modificar y ajustar tanto las conclusiones como la confianza en las mismas.

De este modo, se podrá ponderar el impacto de la ausencia de información.

3.5.3. El sesgo de la hipersensibilidad a la consistencia

La consistencia, en el ámbito de los sesgos, podría definirse como *la falta de refutaciones o argumentos en contra que invalidan una prueba*. Se refiere a que si no hay argumentos de peso en contra de algo, automáticamente damos por válida esa hipótesis, cuando en realidad quizás no es correcta.

Suele ocurrir en debates políticos o parlamentarios televisados. Cuando una de las partes deja de responder o de aportar argumentos en contra, automáticamente, la audiencia le da mayor credibilidad al mensaje por la ausencia de argumentos en contra. Y también ocurre lo contrario, cuantos más argumentos a favor tiene una opción, independientemente de su validez, relevancia o grado de corrección, más fiable y cierta es considerada por quien la está analizando o juzgando.

Este sesgo aparece cuando se está evaluando la consistencia de una prueba. En el momento en que la prueba parece consistente, rápidamente deja de ponerse en duda el origen de esa consistencia o si la propia consistencia es cierta o no.

Este sesgo sucede cuando se trabaja con información procedente de una o muy pocas fuentes, o con una muestra muy pequeña del total de información disponible. Si este es el caso, es decir, si la información con la que se trabaja es escasa pero aparentemente consistente, el analista debe plantearse lo siguiente:

- ¿Cuán representativa es esa información respecto al total de la información disponible?
- Si se pudiese obtener más información ¿sería igual de consistente que la que ya se dispone?

Como en los otros sesgos comentados, en función de la respuesta a estas preguntas será necesario adecuar las conclusiones y la confianza en las mismas en el producto (informe) final.

3.5.4. Enfrentarse a pruebas imprecisas

La imprecisión de las pruebas es otro de los sesgos que afectan habitualmente al analista. Este sesgo aparece cuando el cerebro debe resolver relaciones probabilísticas complicadas, en ese momento, en vez de enfrentarse al problema en su totalidad, el cerebro crea normas generalistas para encontrar la solución, aunque a menudo la solución encontrada no es correcta del todo.

Una de estas normas es la del “todo o nada”. Si el analista “considera” que una prueba es válida, entonces la cogerá entera. Pero si no está seguro del todo, o considera que hay cierta parte de la prueba que no es válida, entonces descartará la prueba en su totalidad. Este sesgo, por tanto, afecta a coger esas partes de la prueba que realmente pueden ser útiles y descartar aquellas que no lo son.

Uno de los métodos para intentar reducir la incidencia de este sesgo es crear un “Árbol de validación de hipótesis”. Para ello, se debe dividir una hipótesis en sus componentes más fundamentales y asignar probabilidades, de forma individualizada, a cada una de ellas. De este modo se podrá averiguar qué partes tienen valor probatorio y qué partes de la prueba no.

3.5.5. Persistencia de las impresiones basadas en pruebas descartadas

Por la estructura de nuestra memoria y percepciones, es habitual que se persista en el uso de ciertos argumentos, incluso después que las pruebas que los sustentan hayan sido refutadas.

Aunque aún se está investigando este sesgo, hay dos motivos que podrían motivarlo:

- La tendencia de nuestro cerebro a interpretar una nueva información en el contexto y cogiendo como referencia y marco conceptual las imágenes mentales ya creadas.
- La tendencia del ser humano a buscar, e incluso inventar, explicaciones causales a cualquier hecho, suceso o fenómeno.

Para contrarrestar o prevenir este sesgo es conveniente hacer énfasis, destacar y hacer constar no solo aquellas pruebas que han sido validadas sino también aquellas que han sido refutadas. De modo que, de cara a continuar con una investigación o análisis determinada, el analista se pueda apoyar en todas las pruebas validadas y refutadas para proseguir investigando hipótesis coherentes y consistentes con el trabajo previo ya realizado.

3.6. Sesgos en la percepción de la causa y el efecto

3.6.1. Sesgo a favor de las explicaciones causales

El cerebro intenta siempre buscar una explicación, causa o motivo del mismo. Las causas nos dan seguridad, tranquilidad y facilitan el entendimiento de nuestro entorno.

Este sesgo se debe a la tendencia del ser humano a buscar la coherencia en todo aquello que le rodea. La coherencia implica orden y el orden hace las 9 cosas más sencillas. Esto hace que siempre se esté buscando la manera de encontrar patrones y relaciones.

Sin embargo, hay hechos o sucesos que son aleatorios, que no tienen una explicación causal o que su causa no aporta valor al análisis. Cuando se analiza o investiga un hecho, raramente se contempla la posibilidad que se trate de un hecho accidental o aleatorio.

3.6.2. Sesgo que favorece la percepción de una dirección centralizada

El sesgo consiste en que se atribuye un mayor esfuerzo de organización, planificación y ejecución a cualquier acción que haya sido llevada a cabo por un grupo de personas.

Al conocer que un grupo ha estado detrás de una determinada acción, iniciativa o proyecto, especialmente si ésta es de gran magnitud, compleja o imprevista, automáticamente se da por hecho que ha existido una ideación, una planificación minuciosa y una ejecución perfecta.

3.6.3. Sesgo de similitud causa y efecto

El Sesgo de la similitud de la causa y el efecto, se produce cuando hay más de una posible explicación ante el mismo hecho. Para determinar cuál es la causa, el cerebro usa una regla generalista que consiste en **escoger como causa aquella que sea más parecida a las consecuencias**.

Esto puede servir en el mundo físico, pero fuera de éste, esta relación ya no tiene lugar. Aun así, el cerebro tiende a buscar esa causa o efecto similar pues parece la solución más lógica, persuasiva, consistente y coherente.

3.6.4. Causas internas contra causas externas de un comportamiento

Las causas de un comportamiento se diferencian entre las **causas internas**, como por ejemplo la personalidad, la actitud y las creencias, y las **causas externas** como los incentivos y las restricciones, los requisitos del rol que desarrolla la persona, la presión social y otros aspectos en los que la persona no tiene mucho control.

Las causas internas se asocian al control sobre el comportamiento y las causas externas se asocian a que el individuo no puede controlarlas ni influir sobre ellas.

Uno de los principales errores que se comenten es el de **sobrestimar los factores internos y subestimar los factores externos**. Si se está analizado el propio comportamiento (el de uno mismo), entonces se da más importancia a los factores externos, mientras que si el objeto de análisis son otras personas, entonces los factores internos toman protagonismo.

Este sesgo se produce, sobre todo, debido a la diferencia de información de que dispone el protagonista o el observador externo. El protagonista, tiene información sobre su comportamiento en cada situación.

Entonces, cuando analiza las causas de su propio comportamiento, se centra en aquello que haya podido influenciarlo: los factores externos. Principalmente, porque los factores internos ya los conoce.

El observador, en cambio, no dispone de toda la información sobre el observado, por lo que tiene que comparar el comportamiento del observado con el de otros en circunstancias similares.

Lo normal será que preste atención a los factores internos del observado para buscar explicaciones causales ya que los factores externos, en principio, como observador, ya son conocidos.

Este sesgo se agrava aún más si el protagonista y observador son la misma persona. Un claro ejemplo de ello es la conclusión a la que llegamos cuando suspendemos un examen.

3.6.5. Sobrestimar la importancia de uno mismo

Es la tendencia que tienen las personas, gobiernos y otros organismos en sobrestimar hasta qué punto sus acciones han llegado a influir en el comportamiento de los otros.

Este sesgo se produce especialmente cuando la causa y la consecuencia tienen cierta relación. Por ejemplo, cuando una empresa saca una nueva línea de 11 productos nueva y días o semanas después su competencia directa hace lo mismo. Lo habitual es que la primera empresa piense que ha sido copiado por su competencia, pero la realidad hace muy difícil que en pocos días o semanas su competencia haya podido hacer todos los procesos como para lanzar una línea de productos similar.

Seguramente, ambas empresas se hayan basado en la misma fuente de inspiración o han recibido *inputs* similares que les han llevado a tomar las mismas (o similares) decisiones.

Este sesgo tiende a predominar cuando los hechos, efectos o consecuencias son muy positivos, elogian o demuestran una capacidad superior hacia o por parte de uno mismo.

3.6.6. Correlación ilusoria

Especialmente problemático por las implicaciones que puede llegar a tener la confusión que genera. Se puede decir que dos sucesos están correlacionados cuando la existencia de uno implica la existencia del otro.

Dos variables estarán correlacionadas cuando un cambio en una implica un cambio igual o parecido en la otra. Pero correlación no implica causalidad.

Cuando los hechos suceden en una secuencia temporal en el que uno sigue al otro, a menudo la gente infiere, erróneamente, que el primero ha causado el segundo.

La correlación ilusoria aparece cuando la gente hace relaciones de causa-efecto donde realmente no existen, pues las personas tienden a centrarse y utilizar aquello que apoya la existencia de una relación e ignoran aquello que lo desestima.

3.7. Sesgos en la estimación de probabilidades

3.7.1. Sesgo de disponibilidad

Tiene su origen en el mecanismo que las personas utilizan para calcular la probabilidad de un hecho. La probabilidad es la herramienta lingüística que permite ponderar, graduar o aumentar la precisión de que un determinado hecho, evento, causalidad o consecuencia sea cierta o acabe ocurriendo, de ahí su importancia.

Este mecanismo para calcular la probabilidad se basa en dos variables principales:

- La facilidad con la que se pueden imaginar situaciones relevantes de ese hecho.
- El número o frecuencia de hechos que fácilmente se pueden recordar.

Aunque este mecanismo funciona relativamente bien en muchos de los casos de la vida cotidiana, no es fiable debido a que aquello que se recuerda y aquello que se imagina no siempre tiene una relación directa con la probabilidad de que sea cierto u ocurra.

Al contrario, la facilidad con la que se recuerda un hecho depende más de:

- Cuánto hace que ha ocurrido (lejanía en el tiempo)
- Si la persona se ha involucrado personalmente en él (nivel de involucración).
- El impacto e importancia dado a ese hecho (percepción de importancia).

Como conclusión, este sesgo confiere más probabilidad a un hecho por la cantidad y calidad de recuerdos que tengamos de él (o de un hecho similar), que no por la probabilidad intrínseca del propio suceso.

Para realizar un análisis serio y formal de las probabilidades de un hecho, se requiere de la identificación y evaluación de muchas variables y su interacción con otras variables.

No obstante, este es un proceso muy complejo, incluso demasiado para el cerebro humano, de ahí que se necesite (para acercarse lo máximo posible a la realidad) personal especializado en análisis de inteligencia, en las técnicas y herramientas disponibles al efecto.

3.7.2. Sesgo de anclaje

El sesgo de anclaje consiste en establecer una probabilidad a partir un punto de partida inicial y reajustarlo en base a información adicional o al resultado de otros análisis. En sentido figurado, este punto de partida juega un papel de ancla, reduciendo la influencia de las nuevas informaciones o análisis, provocando así que el punto final no se aleje mucho del punto de partida.

En el ámbito de la negociación se utiliza esta ancla, en ocasiones, para fijar psicológicamente un precio inicial del que partir.

Asimismo, este sesgo toma mucha importancia cuando un analista debe revisar o actualizar los juicios hechos por sí mismo o por otros analistas, ya que aparece el riesgo que los juicios anteriores hagan de ancla. Cuando hay una información o juicio que, por su peso, por su aparición temprana o por ambas combinadas se da por válida en un primer momento, *a posteriori*, costará mucho más esfuerzo mental dejar de lado esa información o juicio para continuar analizando de forma aséptica, incluso aunque haya quedado demostrado por nuevas informaciones que dicho juicio era erróneo.

Para intentar evitar o disminuir la incidencia de este sesgo, se puede intentar ignorar todo el trabajo previo y pensar en el problema desde cero. También, si se tienen los recursos suficientes, aplicar métodos de análisis estadísticos en los que se evite la intervención humana.

3.7.3. Evaluación de las probabilidades de un escenario

Antes de nada, en este contexto se define “escenario” como una concatenación de distintos sucesos que están unidos en una narración.

En este sesgo se asigna la probabilidad de que ocurra un escenario en concreto a partir de la cantidad y naturaleza de los detalles del mismo, en vez de la probabilidad propia e intrínseca de cada uno de los sucesos que forman el escenario.

Para calcular la probabilidad de un escenario se deben multiplicar las probabilidades de que ocurra cada uno de los sucesos. Pero determinar estas probabilidades es muy complicado, por lo que el cerebro tiende a economizar

los recursos y estimar esta probabilidad en función de la cantidad y naturaleza de los detalles que pueda tener el escenario.

Este sesgo es utilizado en el ámbito de la persuasión y, en función de sus motivaciones y objetivos, también en la manipulación, ya sea esta personal, social, política o cualquier otro escenario. Desde un punto de vista de negociación, diálogo o debate, se suele creer más la propuesta, hipótesis u opción de aquella persona que facilita más cantidad de detalles, argumentos o contraargumentos, que no a aquella persona que es más objetiva y rigurosa en el método científico de calcular las probabilidades de que ocurra un determinado escenario. Por tanto, los sesgos, como vemos, pueden ser utilizados también con malas intenciones y conocerlos, puede ayudarnos a prevenir ser víctimas de este tipo de herramientas de persuasión, convencimiento o manipulación.

Algunos métodos para contrarrestar, prevenir o mitigar este sesgo, aunque su eficacia es muy relativa en función del contexto y caso concreto de aplicación:

- Asumir que ciertos hechos ya han sucedido, eliminando así parte de la incertidumbre, aunque la probabilidad final quede bastante distorsionada.
- Realizar una media de las probabilidades de cada uno de los sucesos. Esta técnica conlleva necesariamente una percepción falsa de que el escenario es más probable de lo que realmente es y, además, viola el principio de que una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil (en este caso, el suceso con la menor probabilidad).
- Estimar probabilidades de forma objetiva y racional. Esto implica el uso de la estadística y las matemáticas, a menudo se exige un nivel muy elevado y especializado, al alcance de expertos matemáticos o de herramientas *ad hoc* que se encargan de medir este tipo de escenarios con multitud de variables y multicausales.

3.8. Sesgos en la evaluación de los propios resultados

3.8.1. Los analistas sobrestiman sus juicios

Una de las explicaciones más probables de este hecho es que la nueva información adquirida cambia la percepción de la situación analizada, tan 15 natural e inmediatamente, que apenas nos damos cuenta. O dicho de otra forma, el cerebro apenas hace diferencia entre lo que sabía entonces y lo que se sabe ahora.

Sí que se pueden recordar los juicios emitidos en el pasado si el plazo de tiempo es relativamente corto, pero aparentemente es muy difícil reconstruir los pensamientos realizados para llegar a la conclusión final. Además, la reconstrucción de esos pensamientos se ve afectada y distorsionada por el conocimiento actual.

Plantearse las siguientes preguntas puede ayudar a prevenir, hasta cierto punto, la incidencia de este sesgo: ¿me habría sorprendido si hubiese pasado lo opuesto? ¿qué hubiese ocurrido de haber analizado otras fuentes de información? ¿tenía más tiempo para profundizar más en algunos ámbitos? ¿sin tener la información que dispongo ahora, hubiese llegado a las mismas conclusiones?

3.8.2. El decisor tiende a subestimar aquello que ha aprendido

Una vez más es la consecuencia de intentar evaluar el conocimiento antiguo con un conocimiento actual “superior” o más “avanzado”.

La experimentación en este ámbito ha demostrado que el consumidor o decisor, con el conocimiento actual, tiende a subestimar dos elementos: lo que ha aprendido a partir de la nueva información que disponen, y hasta qué punto la nueva información le ha permitido tomar mejores decisiones.

Plantearse la siguiente pregunta puede ayudar a prevenir, hasta cierto punto, la incidencia de este sesgo: ¿me habría creído el informe que me entregaron si el informe me hubiese dicho lo contrario? ¿podría haber tardado más en tomar la decisión? ¿sin tener la información y experiencia actual, hubiese tomados las mismas decisiones?