

Círculo de Lingüística Aplicada a la Comunicación

ISSN: 1576-4737

 EDICIONES
COMPLUTENSE<http://dx.doi.org/10.5209/clac.70560>

Un estudio empírico del alcance de la traducción automática del español al chino. Caso de estudio de *GNMT* sobre las expresiones metafóricas y metonímicas

Chen Zhi 陈芷¹

Recibido: 7 de noviembre de 2018 / Aceptado: 4 de abril de 2020

Resumen. La traducción automática es un tema fascinante. *GNMT* (Google Neural Machine Translation) por el uso del aprendizaje profundo, según Google, puede reducir la tasa de error en un 60%. Pero, ¿*GNMT* realmente es tan milagroso? ¿Cómo funciona en cuanto a la traducción entre el par de lenguas más habladas en el mundo: chino y español? Sobre todo, ¿cómo funciona respecto a la traducción de las expresiones metafóricas y metonímicas? Ya que en el lenguaje natural está repleto de esta clase de expresiones. En este artículo intentaremos contestar a estas preguntas. A través de un pequeño muestreo de 37 expresiones metafóricas y metonímicas sobre el sustantivo «cabeza», vamos a observar la correlación entre la frecuencia de uso de un sintagma y su correspondiente calidad de traducción. Mediante la prueba *t* de student, hemos podido comprobar la hipótesis de que cuanto más alta es la frecuencia de uso, mejor resultado de traducción se da.

Palabras clave: traducción automática; *GNMT*; frecuencia de uso; expresiones metafóricas y metonímicas.

[en] An empirical study of the scope of Spanish to Chinese machine translation. A *GNMT* case study concerning metaphorical and metonymic expressions

Abstract. Machine translation is a subject of great interest. *GNMT* (Google Neural Machine Translation), which, according to its maker Google, uses deep learning, can reduce the error rate by 60%. But is *GNMT* a true “cure-all” for translation woes? How does it work in terms of translating between a pair of the most spoken world languages: Chinese and Spanish? Above all, how does it work with regard to the translation of metaphorical and metonymic expressions, since natural language is full of such kinds of expressions? In this article we will try to answer these questions. Through a small sampling of 37 metaphorical and metonymic expressions based on the noun “head”, we will observe the correlation between a phrase’s frequency of use and its corresponding quality of translation. Through the *t*-test, we were able to verify the hypothesis that the higher the frequency of use, the better the resulting.

Keywords: machine translation; *GNMT*; frequency of use; metaphorical and metonymic expressions.

Cómo citar: Zhi, Chen (2020). Un estudio empírico del alcance de la traducción automática del español al chino. Caso de estudio de *GNMT* sobre las expresiones metafóricas y metonímicas. *Círculo de Lingüística Aplicada a la Comunicación* 83, 1-24, <http://webs.ucm.es/info/circulo/83/chen.pdf>, <http://dx.doi.org/10.5209/clac.70560>

Índice. 1. Introducción. 2. La traducción automática (TA): un recorrido histórico para aclarar unas dudas. 2.1. Definición. 2.2. Dudas sobre la TA y unas posibles aclaraciones. 2.3. La TA es una necesidad en vez de una amenaza. 3. La traducción automática y la traducción automática neuronal. 3.1. Enfoques basados en normas. 3.2. Enfoques basados en corpus. 3.3. La traducción automática neuronal. 3.4. *GNMT*. 3.5. La hipótesis. 4. Caso de estudio de *GNMT*. 4.1. El muestreo. 4.2. El experimento. 5. Conclusión. Bibliografía

1. Introducción

La traducción automática no es un tema reciente y nuevo. Ya en 1949, Warren Weaver en su memorándum formuló unos posibles métodos científicos para abordar la traducción automática (Weaver, W, 1999: 5-6). Como todos los avances tecnológicos en el mundo, su desarrollo sufre altibajos. Muchos de nosotros aún nos acordamos de algunos resultados ridículos que sacaba, hace no pocos años, el traductor Google.

Sin embargo, a medida del desarrollo del aprendizaje profundo, el traductor Google, así como otras herramientas de traducción en línea presenta cada vez mejor comportamiento. En este artículo, queríamos indagar el alcance del *GNMT* (*Google Neural Machine Translation*) en cuanto a la traducción del español al chino sobre las expresiones metafóricas y metonímicas.

¹ Universidad de Estudios Internacionales de Shanghai (China).
上海外国语大学 Correo electrónico: liriachen@shisu.edu.cn

Existen muchas investigaciones sobre la traducción automática, de entre otras, cabe mencionar a Hutchins y Somers (1992), Castaño (et.al, 1997), Barrachina (et.al, 2009), Koehn (2009), Villayandre (2011), Casacuberta y Peris (2017), pero todavía carece una específica que aborda el par de lenguas que vamos a tratar en nuestro artículo: chino y español. Siendo las dos lenguas que ocupan los primeros dos puestos en el ranking del número de hablantes, creemos que este artículo podría aportar algo interesante para la comunicación bilateral entre China y el mundo hispánico.

¿Por qué nos limitamos a las expresiones metafóricas y metonímicas? Porque el hombre es un ser figurativo. El lenguaje, tanto literario como cotidiano, está repleto de metáforas y metonimias, cuyo uso resulta tan ubicuo y tan normal que muchas veces ni siquiera nos damos cuenta de su presencia. Por otro lado, tanto la metáfora como la metonimia son recursos básicos del hombre para conocer el mundo, así como para crear y ampliar el léxico, ya que el lenguaje no se estructura arbitrariamente, sino que es, en gran medida, motivado. Las palabras no adquieren los nuevos sentidos de manera caótica o por azar, sino que el cambio del significado se guía por principios cognitivos determinables y que remiten a procesos de metáfora y metonimia (Cuenca & Hilferty, 2013: 182)

En esta línea, la traducción automática de las expresiones metafóricas y metonímicas cobra una vital importancia. Porque no solo facilita la comunicación diaria, sino también constituye la base de la interconexión hombre-máquina. La Inteligencia Artificial actual se limita a “sentir” la lengua. El siguiente paso es entenderla. Para llegar a “entender” el lenguaje natural del hombre, es fundamental entender la metáfora y la metonimia.

Para hacer la investigación más factible, hemos escogido una parte muy importante de nuestro cuerpo como el punto de partida: la cabeza, ya que el hombre es propenso de ver todo desde su propio centro y con sus propias formas. ¿Existe otra cosa más céntrica que nuestra cabeza?

Basándose en 37 expresiones metafóricas y metonímicas sobre el sustantivo «cabeza», llevaremos a cabo un estudio empírico. Primero vamos a formular una hipótesis sobre la correlación positiva entre la frecuencia de uso de una expresión y su calidad de traducción. Es decir, cuanto más alta es la frecuencia de uso, mayor probabilidad de ser mejor traducida. Luego, vamos a emplear la prueba *t* de student, para analizar las dos poblaciones: la frecuencia de uso y la calidad de traducción con el motivo de corroborar la hipótesis. El resultado ha comprobado nuestra hipótesis, pese a que la muestra es de pequeña cantidad.

La traducción automática y la interfaz entre máquina y hombre ya no es el futuro, es el presente. Como lingüista y traductora, no me da miedo porque estoy convencida de que el hombre es y va a ser el dueño del planeta. Pero tenemos que estar preparados para los nuevos cambios, porque son los cambios que nos conducen a la renovación y el renacimiento.

2. La traducción automática (TA): un recorrido histórico para aclarar unas dudas

El siglo XXI es una época tan fascinante como abrumadora. El ser humano se enfrenta a unos cambios políticos, económicos y sociales radicales y sin precedentes. Por un lado, nos amenazan la supervivencia muchos problemas relacionados con el medio ambiente y los recursos naturales, así como los conflictos bélicos regionales. Por otro lado, somos capaces de hacer numerosas cosas que eran inconcebibles hasta hace incluso 10 años. El vertiginoso desarrollo del Internet, la exploración del espacio exterior, la manipulación de ADN, así como el veloz progreso de la Inteligencia Artificial. Quiera o no, estamos en el umbral para cruzar a un nuevo continente.

Un resultado sorprendente que está dando la Inteligencia Artificial es la traducción automática. En este artículo, intentamos indagar el alcance de la traducción automática.

2.1. Definición

La traducción automática (TA), en inglés, “machine translation” (MT), consiste en utilizar ordenadores para automatizar algunos o todos los procesos que intervienen en la traducción de una lengua a otra (Ward, Jurafsky y Martin, 2000: 799. Cita referida en Villayandre, 2011: 1). Tanto en el *Diccionario de la Lengua Española* (<https://dle.rae.es/>) como en el *Diccionario de Uso del Español* (Moliner, 1999), carece de esta entrada. En el *Gran Diccionario de Uso del Español Actual Basado en Corpus Lingüístico Cumbre* (Sánchez, 2001:2003), hemos encontrado esta acepción:

Traducción automática, COMP la que se lleva a cabo sin intervención directa de una persona mediante una aplicación informática.

En el *Diccionario Oxford* en español (<https://www.lexico.com/es>) la define como “traducción realizada por computadoras o máquinas adecuadas para este fin”. En Wikipedia, “la traducción automática es un área de la lingüística computacional que investiga el uso de software para traducir texto o habla de un lenguaje natural a otro”. Entendemos que Wikipedia no puede considerarse como una fuente fiable en los artículos académicos, queríamos incluir la definición de esta “enciclopedia” online para tener una visión panorámica más completa. A través del análisis de estas definiciones, podemos sacar las siguientes observaciones sobre el término “TA”:

1. La traducción automática es una técnica basada tanto en la informática como en la lingüística computacional que automatiza la traducción de una lengua natural a otra.
2. Por la parte de *hardware*, la traducción automática requiere el uso de ordenadores o máquinas adecuadas.
3. Por la parte de *software*, la traducción automática necesita unos modelos precisos y unos algoritmos muy potentes y eficientes que permiten ejecutar su funcionamiento entre cuanto mayor par de lenguas.

2.2. Dudas sobre la TA y unas posibles aclaraciones

Hoy en día, como el destino de muchas nuevas cosas o fenómenos en el mundo, la traducción automática recibe más críticas que elogios. Las opiniones negativas se concentran en los siguientes aspectos:

1. La traducción automática no es capaz de traducir las obras literarias.
2. La traducción automática no presenta una calidad convincente.
3. La traducción automática causa la reducción y/o la eliminación del trabajo de los traductores humanos.

Para refutar estas afirmaciones, creemos oportuno que echamos la mirada hacia atrás para indagar brevemente el origen y el desarrollo de la traducción automática, ya que, sin conocer la historia, es difícil entender la actualidad.

Pese a que ya no se podría saber a ciencia cierta a quién se le ocurrió por primera vez la idea de automatizar el proceso de la traducción, antes de la aparición de los primeros ordenadores, ya se especulaba seriamente con la idea de traducir por medios mecánicos. De entre los pioneros, cabe citar a Warren Weaver (1999) quien formuló unos posibles métodos científicos para abordar la traducción automática. De estos métodos, hay dos que ejercen una influencia notable en los futuros investigadores: 1) usar la estadística; 2) aprovechar las reglas universales del lenguaje.

El año 1954 marcó hito en la historia de TA. Fue en ese año cuando se hizo una demostración pública, por primera vez, de un sistema de TA en la Universidad de Georgetown. El sistema tradujo del ruso al inglés 49 oraciones previamente seleccionadas. A partir de allí, la investigación de TA empezó a vivir su euforia ilusionada. El gobierno de EE. UU invirtió gran cantidad de dinero para desarrollar esta tecnología. Después, en los años 70, esta fiebre se extendió a Europa, Canadá y Japón. Cabe mencionar que cada país o región tiene sus distintos motivos para desarrollar y aplicar la TA. En cuanto a EE. UU, la TA era una herramienta más en la guerra fría contra los rusos, por lo tanto, la traducción se enfocaba en los textos técnicos y científicos escritos en ruso. En Europa, la entonces Comunidad Económica Europea recurrió a la TA para hacer frente a la desbordante demanda de traducciones internas de textos legales, administrativos, técnicos y científicos que se circulaban entre sus diversas sedes. De ahí podemos deducir que el nacimiento de la TA no se diseñó por las obras literarias, sino más bien, por los textos de índole informativa. La TA es un resultado inherente de la historia y un producto natural del desarrollo humano porque es un instrumento muy potente para ayudar a difundir y adquirir una de las cosas más valiosas para la humanidad: la información.

A partir de los años 90, a medida del desarrollo del Internet, se viene notando un crecimiento relevante de las aplicaciones directas online en que importa más la eficacia que la calidad. Nadie quiere esperar y todos quieren la información YA.

En este sentido, la TA, en este contorno histórico y dentro de sus posibilidades tecnológicas, aún no tiene que ser perfectísima en cuanto a la calidad ni tiene que traducir las obras literarias ya que su función, hasta la fecha, es transmitir información a cuanto mayor número de gente a la mayor brevedad posible.

2.3. La TA es una necesidad en vez de una amenaza

Dicen que actualmente algunos traductores humanos sufren el mismo shock al ver la TA que los obreros de textil al ver una máquina de vapor en el siglo XVII. Es lógico que nadie quiere perder su trabajo, sin embargo, vamos a ver si “hay trabajo por perder” a través de unos datos estadísticos.

En esta época de internet y globalización, el hombre está viviendo la “explosión de información”. El número de palabras de información técnica que se generaban en el mundo diariamente llegó a ser 20 millones (Abaitua, 2000), cifra que no cesa de aumentar en cada segundo que pasa. Siguiendo a Baidu (buscador más potente en China), respecto al tiempo requerido para doblar la cantidad de conocimiento del ser humano, en el siglo XIX, se necesitaban 50 años, en la primera mitad del siglo XX, se redujo drásticamente a 10 años. En los años 70, solo 5 años. Hasta finales de los años 80, cada tres años el hombre duplica la cantidad de conocimientos. En los últimos años, se publican entre 13.000 a 14.000 artículos cada día. Las patentes registradas cada año llegan a 700.000 y los libros publicados, 500.000 tipos. La información que se transmite en una semana en *New York Times* equivale a la totalidad que un intelectual pudo alcanzar en toda su vida en el siglo XVII. En los últimos 30 años, la cantidad de información producida por el hombre ha superado a la de la suma de los 5.000 años anteriores.

Frente a esta cantidad deslumbrante de trabajo, los traductores humanos quizás necesitan esforzarse un poquito más. Según las estadísticas de *New York Times* (22 de febrero de 1999), salen a la luz cada año 20.000 tipos de libros científicos y culturales, si se estima que solo para traducir la cuarta parte, es decir, 5.000 tipos, los traductores humanos en el mundo necesitan trabajar arduamente 200 años.

Hasta aquí podemos sacar la conclusión de que la TA no es una amenaza para los traductores humanos. En cambio, les liberan de la repetitividad y la rutinaria. Con el apoyo de la TA, los traductores humanos podrán dedicarse a los trabajos más creativos e interesantes.

3. La traducción automática y la traducción automática neuronal

La traducción automática, como hemos explicado en el anterior apartado, se inició en los años cincuenta del siglo pasado. Como todos los fenómenos en el mundo, ha vivido sus altibajos, pero el ritmo de avance es cada vez más sorprendente. La traducción automática neuronal es su último fruto de desarrollo en los últimos años, la que ha demostrado una eficacia milagrosa gracias a los nuevos componentes, nuevos procesadores, nuevos algoritmos y nuevas arquitecturas neuronales. A continuación, vamos a explicar a grandes rasgos las diversas aproximaciones a la traducción automática.

Siguiendo a Hutchins y Somers (1992), Villayandre (2011), Casacuberta y Peris (2017), hemos podido sacar el siguiente diagrama:

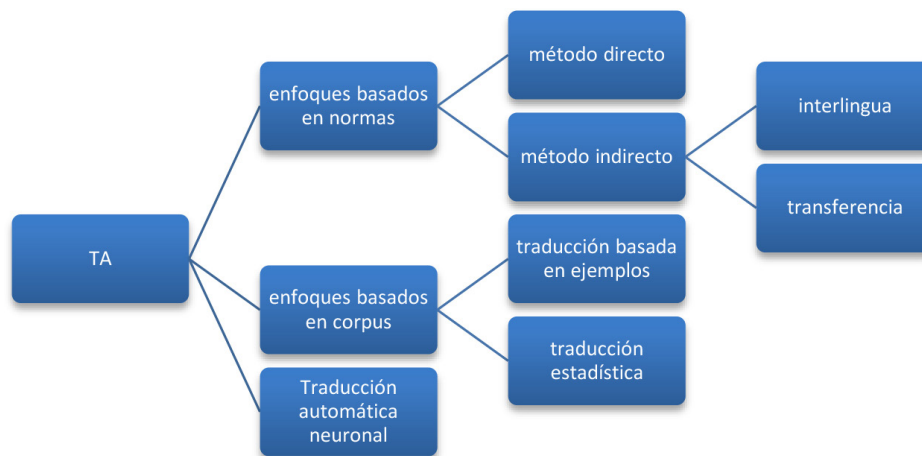


Diagrama 1. Las diversas aproximaciones a TA (elaboración propia).

3.1. Enfoques basados en normas

La traducción automática con enfoques basados en normas se basa en teorías aportadas por la Lingüística Generativa y la Inteligencia Artificial que surgieron a partir de los años setenta. Según Hutchins (2003), se puede dividir en métodos directos e indirectos, que, a su vez, se subdividen en el sistema de interlingua y el de transferencia.

Método directo

Es la estrategia más primitiva y la más sencilla. Está diseñado para un par de lenguas determinado. Se traduce directamente de la lengua fuente (LF) a la lengua meta (LM) y la traducción se realiza palabra por palabra. Normalmente se usa un diccionario bilingüe único y un programa único para analizar el texto fuente. Podemos representar este método con el siguiente diagrama.



Diagrama 2. Procesamiento del método directo de TA (elaboración propia)

Sistema interlingual

El segundo sistema básico es el sistema interlingual, cuyo funcionamiento se basa en la construcción de un cierto tipo de “interlingua”, lenguaje intermedio que es independiente tanto de la lengua fuente como de la meta. Pero sí que comparte rasgos sintácticos y semánticos comunes de las dos lenguas. El texto de la LF se “traduce” a la interlingua mediante el componente “análisis” y a través de otro componente “generación” se produce la LM a partir de la representación de la interlingua.

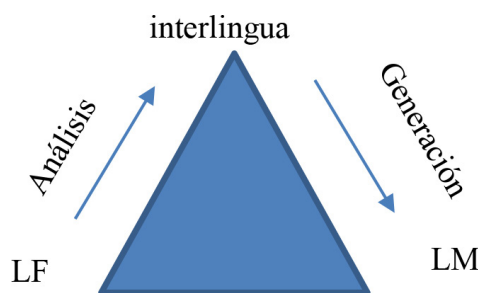


Diagrama 3. Procesamiento del sistema interlingual de TA (elaboración propia).

En comparación con el método directo, el sistema interlingual permite la traducción entre varios pares de lenguas naturales pese a la gran complejidad de construir la interlingua.

Sistema de transferencia

La otra variante del método indirecto se conoce como el sistema de transferencia. Diferente del sistema interlingua, este no propone un módulo de interlingua independiente de las dos lenguas (LF y LM). En vez de eso, crea dos representaciones intermedias, cada una dependiente de la lengua fuente y la meta respectivamente. Si explicamos este proceso de transferencia con la teoría de la Lingüística Generativa, se puede obtener el siguiente diagrama:

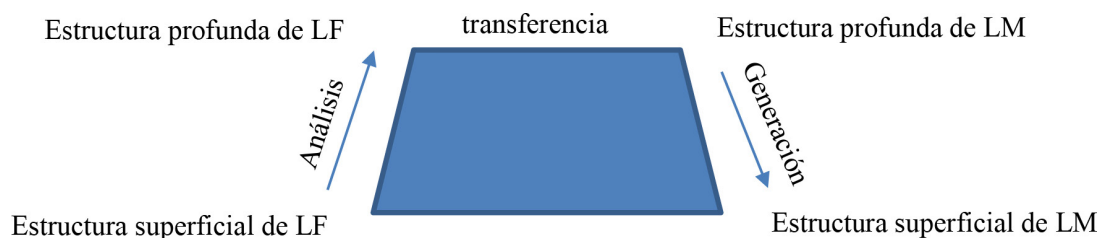


Diagrama 4. Procesamiento del sistema de transferencia de TA (elaboración propia).

Podemos ver que este sistema contiene tres fases:

- 1) Análisis: del texto de la LF (estructura superficial de LF) se obtiene una representación léxica, semántica y/o sintáctica (estructura profunda de LF);
- 2) Transferencia: se alinean equivalencias entre las dos estructuras profundas de LF y LM;
- 3) Generación: a partir del módulo de representación de la estructura profunda de LM, se produce el texto final en la LM.

A pesar de que este sistema se parece más al funcionamiento del cerebro de los traductores humanos, recibe muchas críticas. Ya que desde el punto de vista computacional, en un modelo de traducción multilingüe, la incorporación de cada nueva lengua, no solo implica el cambio de las dos representaciones correspondientes al análisis y generación (las dos estructuras profundas de LF y LM), sino también la adición de un nuevo módulo de transferencia. En el caso de un programa diseñado por dos lenguas, una tercera lengua exigiría la inclusión de cuatro nuevos módulos de transferencia.

3.2. Enfoques basados en corpus

Durante la década de los noventa, el avance de la Lingüística Computacional y el desarrollo informático permitieron abaratar bastante el precio de los ordenadores, así se hizo posible la recopilación de grandes corpus textuales en formato electrónico. Por otro lado, la manipulación de esas ingentes cantidades de datos también requería nuevas técnicas, por lo tanto, se empezaron a probar métodos probabilísticos y conexionistas. De ahí nacieron los nuevos métodos de la TA: traducción basada en ejemplos y traducción estadística.

Traducción basada en ejemplos

La traducción automática basada en ejemplos consiste en reutilizar muestras reales con sus respectivas traducciones como base de una nueva traducción (Tertoolen, 2010:10). El programa extrae y selecciona oraciones o sintagmas en un corpus de textos bilingües, previamente alineado. En este sentido, se difiere de un método usado por los traductores humanos que se denomina como “memoria de traducción”, ya que respecto al segundo método, los traductores

humanos intervienen en la selección más adecuada para la traducción del texto fuente. En cambio, en cuanto a la traducción automática basada en ejemplos, todo el proceso es automático, tal como indica su nombre.

El proceso de funcionamiento de este método se representa con el siguiente diagrama:

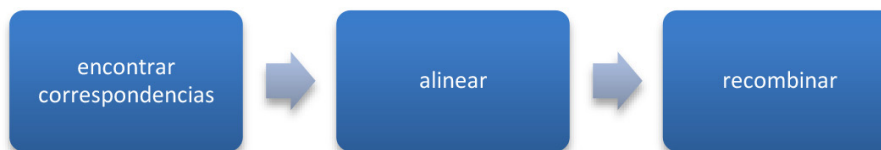


Diagrama 5. Procesamiento de la traducción automática basada en ejemplos (elaboración propia).

Traducción estadística

La traducción automática estadística resurgió en los años noventa con modelos estadísticos complejos que podían ser implementados en los computadores de esos años (Koehn, 2009). La hipótesis de trabajo en este marco consiste en que cualquier frase de la LM es una posible traducción de una frase dada de la LF. Lo que tiene que hacer el programa es mediante un modelo probabilístico eficaz, saber asignar una probabilidad alta a aquellas frases en la LM que son traducciones correctas de la frase dada de la LF y una probabilidad baja o nula a aquellas frases que no lo son. En esta línea, el programa no requiere conocimiento lingüístico mínimo y no usa datos lingüísticos tradicionales. La idea de este método es modelar el proceso de traducción en términos de probabilidades estadísticas, por lo que la base esencial de este sistema es disponer de un corpus enorme de traducciones fiables. Ha de reconocer que este método constituye el estado del arte de la TA hasta hace muy poco tiempo hasta que se dio a luz la traducción automática neuronal.

3.3. La traducción automática neuronal

A través de lo que hemos expuesto en los anteriores apartados, la traducción automática ha evolucionado durante muy poco tiempo, pero velozmente desde su sistema basado en el conocimiento lingüístico (principalmente de los universales lingüísticos) hasta el sistema basado en las probabilidades estadísticas que extraían el conocimiento de corpus paralelos. No obstante, la aparición de la traducción automática neuronal (TAN, en inglés, *NMT*, neural machine translation) se podría considerar como un avance vanguardista y revolucionario sin precedentes.

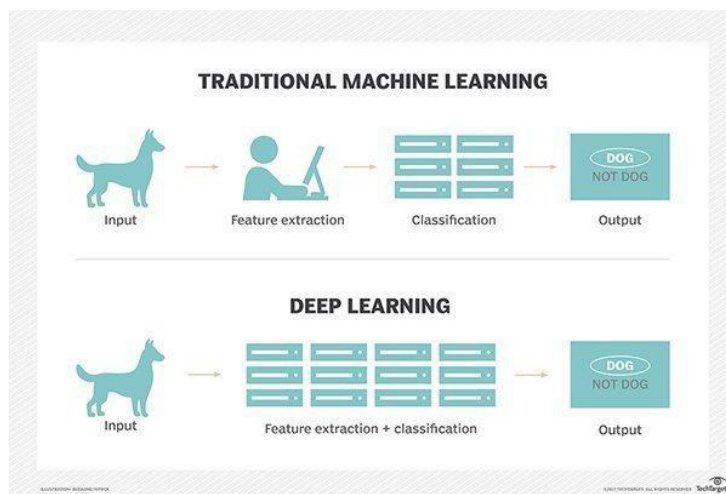
La llamada TAN es una aproximación a la TA que usa una red neuronal enorme para realizar la traducción. Una red neuronal es un sistema de programas y estructuras de datos que se asimilan al funcionamiento del cerebro humano. Está compuesto por un conjunto de unidades de procesamiento simple (o neuronas artificiales) densamente conectadas entre sí, cuya función es realizar un producto escalar entre las entradas a la neurona y un vector de pesos (asociado a cada neurona) seguido de una función no lineal de activación (Bishop, 2006). En este sistema, las palabras y las frases se representan de forma numérica mediante vectores (Bengio et al., 2003) mientras que en las otras aproximaciones la representación era discreta. De este modo, se ha permitido el uso de las potentes técnicas como “aprendizaje profundo” (“deep learning” en inglés). Es decir, el ordenador es capaz de aprender y “pensar” por sí mismo sin necesidad de intervención humana directa.

El aprendizaje profundo se difiere de cualquier aprendizaje automático anterior por el hecho de que el algoritmo del aprendizaje profundo no es lineal, sino que se apilan en una jerarquía de creciente complejidad y abstracción.

Para explicar bien cómo es su funcionamiento, vamos a observarnos a nosotros mismos. ¿Cómo aprendemos los humanos cuando éramos bebés? A través de muchos ejemplos y abstracción de los ejemplos concretos. Para asimilar un concepto, en nuestro cerebro, hacemos mil y una vez ejercicios como “esto sí y esto no”. Así sucesivamente, estamos poco a poco conscientes de todas las características de un concepto (una abstracción compleja) mediante la construcción de una jerarquía en la que cada nivel de abstracción se crea con el conocimiento que se obtuvo de la experiencia anterior (la capa precedente de la jerarquía).

En este sentido, el aprendizaje profundo, o las redes neuronales profundas, trata de una serie de algoritmos que hasta la fecha, imitan de mejor manera el proceso de funcionamiento de nuestro cerebro cuando intentamos reconocer rostros, voces, palabras, objetos o imágenes. El fin de esta técnica es que los ordenadores “aprendan” del mismo modo que los seres humanos, hagan las mismas conexiones neuronales y saquen las mismas conclusiones. Claro, actualmente la complejidad de esta red neuronal “robótica” aún no llega a la altura de la humana ya que por muy “profunda” que sea, hoy en día solo se ven redes neuronales profundas con 1.001 capas (recuperado de http://www.sohu.com/a/200757781_473283).

Cabe mencionar que el aprendizaje profundo se difiere del antiguo “aprendizaje automático” ya que el primero no requiere normas o programas diseñados por los ingenieros humanos, sin embargo, basándose en una enorme base de datos, el ordenador es capaz de construir su propia lógica interna para optimizar los resultados.



Dibujo 1. Diferencia entre el aprendizaje automático tradicional y el aprendizaje profundo
(Fuente: Margaret Rouse, <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Aprendizaje-profundo-deep-learning>)

A través de este dibujo, podemos ver que en el aprendizaje automático tradicional, el programador tiene que especificar al ordenador las características de un perro, este proceso bastante complicado se llama extracción de características, es obvio que la capacidad del programador para definir el conjunto de las características de un objeto determina la precisión y la eficacia del ordenador.

En cambio, en cuanto al aprendizaje profundo, la inteligencia humana, que muchas veces es limitada, queda exenta de influir a la máquina. El ordenador construye su propio criterio para determinar si un animal es perro o no. Vamos a explicar a grandes rasgos el procedimiento: Primero hay que entrenar al ordenador con millones de imágenes etiquetadas con “perro” o “no perro”. El programa, usando las informaciones que reciben de los datos de entrenamiento, extrae su propio conjunto de características y construye un modelo predictivo. Con este modelo primitivo, el ordenador irá buscando en las imágenes patrones de píxeles similares. Mediante cada iteración, dicho modelo predictivo se vuelve cada vez más complejo y preciso.

En esta línea, las redes neuronales profundas imitan las neuronas humanas, pero no se comportan exactamente de la misma manera. Entonces, en la traducción automática, ¿cómo funcionan dichas redes? Siguiendo a Núñez (2011), Turovsky (2016), Castelvechi (2017), Casacuberta & Peris (2017), podemos obtener las siguientes observaciones:

1. Existen muchos tipos de redes neuronales. Los primeros modelos aplicados en el sector de la traducción automática se conocen como *perceptrón multicapa* (Multi Layer Perceptrons, MLPs) cuya estructura consiste en que las salidas de una capa son las entradas de la capa siguiente, con una o varias capas intermedias llamadas capas ocultas. La ventaja de esta red trata de su capacidad de solucionar los problemas que no son linealmente separables. Por ejemplo, a la hora de traducir una palabra, las diferentes capas pueden trabajar al mismo tiempo para “descomponer” la palabra en sus segmentos semánticos, sintácticos, estilísticos etc., basándose en el uso de un extenso conjunto de datos. Pero la desventaja es que no extrapola bien, es decir, si la red recibe insuficientes entrenamientos, incluso de manera equivocada, las salidas pueden ser imprecisas.
2. Por otra parte, las redes neuronales recurrentes (Recurrent Neural Networks, RNNs) también se usan frecuentemente en la TA. Estas redes se realimentan con sus propias salidas de forma directa o indirecta. El algoritmo empleado se denomina como propagación hacia atrás o retro-propagación del error (Rumelhart, Hilton y Williams, 1986). Eso quiere decir que el programa sabe comparar la salida producida con la salida deseada, si ocurre un error, la salida de error se propaga hacia atrás, partiendo de sí misma, hacia todas las neuronas de la capa oculta que contribuyen directamente a ella. Dicho de otra manera, el programa adquiere una capacidad de autoaprendizaje, autocorrección y auto iteración. A medida que se aumenta el tamaño de datos, estas redes suelen seguir mejorando sin límite.
3. Actualmente, la arquitectura más utilizada está basada en un codificador seguido de un decodificador (Bahdanau, Cho y Bengio, 2014). Ambos son unas redes neuronales recurrentes. El codificador sirve para analizar bidireccionalmente (de izquierda a derecha y viceversa) la frase en la LF (Schuster y Paliwal, 1997) para producir una representación vectorial de la misma. El decodificador, a su vez, genera la traducción en la LM palabra por palabra. Es decir, la salida (traducción) de cada palabra depende de la palabra anteriormente procesada. Entre el codificador y el decodificador existe un alineador, otra red recurrente, que alinea constantemente las representaciones de la LF y las de la LM. En este modelo, la traducción se convierte en un cálculo predictivo de cuál traducción tiene la probabilidad más alta de ser la correcta. Obviamente, la base esencial de este modelo también es la enorme cantidad de corpus. Representamos a grandes rasgos este proceso con el siguiente diagrama, tomando como ejemplo la traducción del sintagma “我的头(wǒ de tóu)” del chino al español. Cabe mencionar que para simplificar la representación gráfica, solo exponemos el proceso en una única dirección.

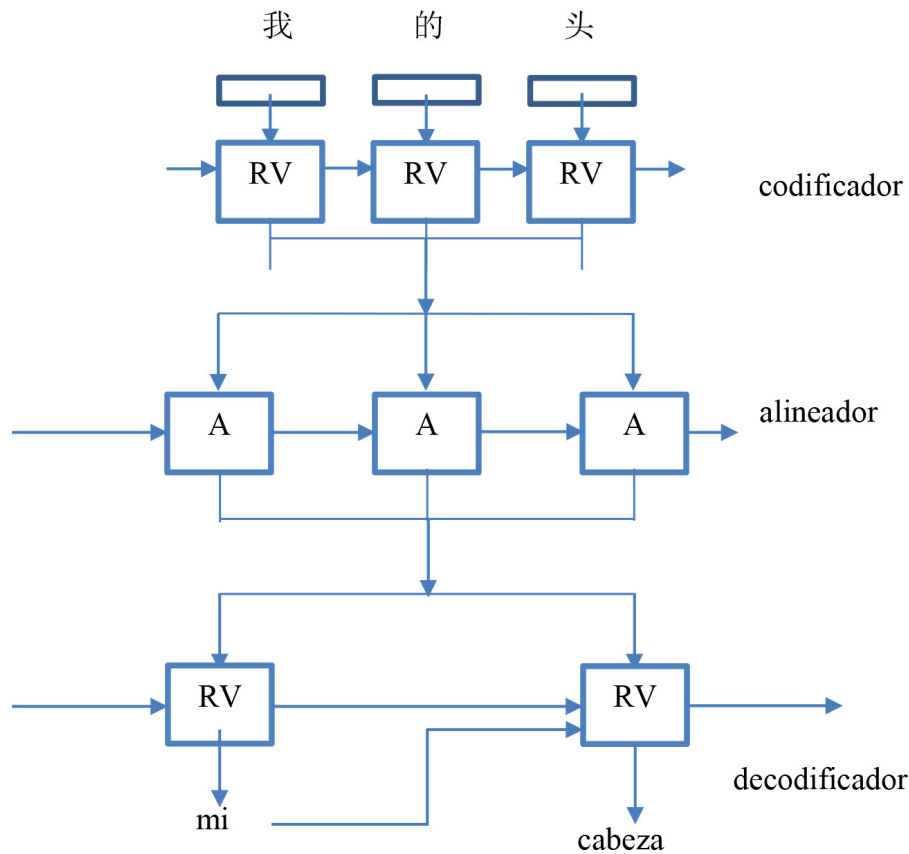


Diagrama 6. Ejemplo de la arquitectura codificadora-decodificadora para traducir “我的头(wǒ de tóu)” de chino a español. RV = representación vectorial. A = Alinear (elaboración propia).

3.4. GNMT

Google Translate entró en el mercado en el año 2006. Al principio solo ofreció el servicio en dos lenguas que poco a poco se extendió a 103 pares de lenguas en los próximos 10 años. El día 27 de septiembre de 2016, Google anunció el debut de *Google Neural Machine Translation (GNMT)*. La diferencia radical entre *GNMT* y sus predecesores consiste en que *GNMT* se basa en el aprendizaje profundo en lugar del modelo estadístico.

Según Barak Turovsky, jefe de producto de Google Translate, “With this update, Google Translate is improving more in a single leap than we’ve seen in the last ten years combined.” (recuperado de <https://www.blog.google/products/translate/found-translation-more-accurate-fluent-sentences-google-translate/>) [Con esta actualización, Google Translate está mejorando más en un solo salto de lo que hemos visto en los pasados diez años en conjunto.]

Podemos ver un ejemplo real publicado en *New York Times* el día 14 de diciembre de 2016 para ver con nuestros propios ojos dónde está la mejora.

- (1) *Uno no es lo que es por lo que escribe, sino por lo que ha leído.* (Borges)
 Traducción con el modelo antiguo:
One is not what is for what he writes, but for what he has read.
 Traducción con *GNMT*:
You are not what you write, but what you have read.

La misma empresa Google confirmó que con la nueva tecnología, se puede reducir la tasa de error en un 60% (recuperado de <https://www.nature.com/news/deep-learning-boosts-google-translate-tool-1.20696>). Las oraciones traducidas son más precisas y fluidas (recuperado de <https://www.blog.google/products/translate/found-translation-more-accurate-fluent-sentences-google-translate/>). Siguiendo a Turovsky (2016), Castelvechi (2016), Casacuberta y Peris (2017), podemos inducir las siguientes mejoras:

1. El algoritmo tiene actualmente una arquitectura de 8 capas de codificador y 8 capas de decodificador, con eso, el sistema es mucho más eficaz para realizar aprendizaje y trabajo paralelos.
2. La traducción se basa en las frases, en vez de palabras. Emplea un contexto mucho más amplio que antes para detectar y predecir cuál será la traducción más relevante.
3. En cuanto a las palabras “raras”, el sistema las descompone en segmentos (piezas de palabra) tanto para la entrada como la salida para optimizar el cálculo.

4. Usando la tecnología puntera de “Zero-shot”, el sistema deja de usar la lengua inglesa como puente. Llega a traducir dos lenguas sin que se establezcan conexiones previamente realizadas. Este hecho implica gran eficacia y precisión.

En resumidas cuentas, muchos expertos e instituciones oficiales han verificado que *GNMT* sí que ha sacado resultados muy sorprendentes. Con nuestra propia experiencia, la traducción entre chino y español, sin duda alguna, se ha mejorado notablemente. Pero respecto a nuestro objeto de estudio, la traducción de las expresiones metafóricas y metonímicas, ¿cómo se comportará *GNMT*? ¿Cuál sería su alcance? Antes de contestar estas preguntas, nos gustaría formular una hipótesis, basada en el funcionamiento de *GNMT*.

3.5. La hipótesis

A través de todo lo que hemos analizado sobre el aprendizaje profundo, o sea, las redes neuronales profundas en el apartado 3.3, podemos notar que la precisión y la eficiencia de dichas redes depende básicamente de tres elementos: datos, algoritmo y programador. De estos tres, el factor más fundamental y decisivo es el primero: los datos.

La Inteligencia Artificial, hasta hoy en día, ha experimentado dos etapas de desarrollo: la primera, la IA basada en normas, la segunda, la IA basada en las redes neuronales profundas. En la primera etapa, los ingenieros intentan que el ordenador “imiten” el procesamiento del cerebro humano, para lograr esta meta, “programan” los conocimientos en códigos que posteriormente dirigen el funcionamiento del ordenador. En otras palabras, en esta etapa, las normas que siguen los ordenadores las crea y las supervisa el ser humano.

En la segunda etapa, el hombre se libera de la misión “imposible” de crear y supervisar las normas para el ordenador. Presta más atención en entrenar al ordenador con millones y millones de ejemplos para que el ordenador cree su propia norma. En esta etapa, mientras que el ordenador disponga de una ingente base de datos, el algoritmo podría ser no tan potente y el programador no tendría que ser tan excelente, puesto que el ordenador aprende solo y siguiendo su propia inteligencia, llegará al resultado más optimizado. Quizás, no deberíamos seguir denominando esta clase de inteligencia como “inteligencia artificial”, sino “inteligencia maquina”.

Ahora bien. En cuanto a *GNMT*, como hemos explicado antes, se basa en las redes neuronales profundas, o sea, aprendizaje profundo. Quizás no es muy erróneo formular la siguiente hipótesis: ya que el factor fundamental del aprendizaje profundo consiste en los datos, respecto al comportamiento de *GNMT*, si un sintagma presenta mayor frecuencia de uso, eso implicaría que tendría más posibilidad de ser bien traducido, o sea, *GNMT* sabe traducirlo mejor que otros que no se usan tan frecuentemente. Es decir, existiría una correlación positiva entre la calidad de la traducción de *GNMT* y la frecuencia de uso de un sintagma.

Para comprobar dicha hipótesis, vamos a elaborar un pequeño muestreo de las expresiones metafóricas y metonímicas del sustantivo «cabeza» y hacer un experimento con *GNMT*.

4. Caso de estudio de *GNMT*

Desde el punto de vista de la Lingüística Cognitiva, el lenguaje es un instrumento inventado por el ser humano para conocer, comprender y expresar el mundo. Según Cuenca & Hilferty (2013:179), es un instrumento de conceptualización.

El proceso cognitivo del hombre suele ser una subida en forma espiral que pasa de lo concreto a lo abstracto y vuelve a trasladar lo abstracto a lo concreto. El hombre primitivo empieza a conocer el mundo a sus alrededores y de los diversos fenómenos y objetos, extraen abstracciones. Basándose en esas abstracciones, van conociendo nuevos fenómenos y objetos ya que el hombre es propenso de ver todo desde su propio centro y con sus propias formas.

Las palabras relacionadas con el cuerpo humano consisten en un punto de referencia básico y directo, así como la base más fundamental para que la gente vaya explorando el mundo exterior. Tanto es así que estas palabras se emplean muy frecuentemente para crear metáforas y metonimias. La traducción de estas expresiones, de esta manera, se hace muy importante en la comunicación intercultural de dos pueblos.

En el siguiente apartado, vamos a elaborar un pequeño muestreo con el sustantivo «cabeza», la parte más indispensable en el cuerpo humano.

4.1. El muestreo

A la hora de definir el muestreo, primero hemos entrado en la plataforma Enclave RAE, allí hemos encontrado 115 sintagmas relacionados con el sustantivo «cabeza», de esa lista tan larga, hemos descartado tres tipos de expresiones:

1. Expresiones en desuso. Por ejemplo: cabeza de fierro, podrido (da) de cabeza
2. Expresiones ni metafóricas ni metonímicas. Por ejemplo: cabeza de agua, cabeza de desembarco, cabeza de perro, etc.

3. Expresiones no simplemente figurativas. El objeto de nuestro estudio es descubrir la correlación entre la frecuencia de uso de una expresión metafórica o metonímica y su correspondiente calidad de traducción. Vamos a usar el buscador Google y el Corpus del Español del Siglo XXI (CORPES) como nuestra base de datos. Entonces cuando sale el resultado de frecuencia, tenemos que estar seguros de que esa frecuencia trata solo y exclusivamente del sentido metafórico o metonímico del sintagma. Por ejemplo, en cuanto a “cabeza de lobo”, la definición de Enclave RAE es: “Cosa que se exhibe u ostenta para atraer o recompensar el favor de los demás.” (recuperado de <https://enclave.rae.es/ficha-palabra>). Es obvio que es una metáfora. Sin embargo, cuando ponemos esta frase en Google, salen muchos usos en su sentido denotativo, es decir, se refiere a “la cabeza de lobo” de por sí. De hecho, en la primera página de búsqueda, todas las entradas tratan de “la cabeza de lobo” en su sentido ontológico, o sea biológico. En estas circunstancias, nos vemos obligados a descartar esas expresiones no puramente figurativas, tales como: alzar la cabeza, bajar la cabeza, cabeza cuadrada, cabeza de hierro, cabeza rapada, cabeza redonda, cabeza torcida, entre muchos otros.

Después de esta “limpieza”, hemos podido reducir la cantidad de las expresiones en 37. Véase en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Muestreo de las expresiones metafóricas y metonímicas sobre el sustantivo «cabeza».

	Sintagmas	definición
1	a la cabeza	delante (II en la parte anterior).
2	andársele a alguien la cabeza	Estar perturbado o débil, pareciéndole que todo lo que ve se mueve a su alrededor.
3	apostar, o apostarse, la cabeza	para asegurar rotundamente que se dice.
4	cabeza a pájaros (cabeza llena de pájaros)	Persona atolondrada, ilusa o ligera.
5	cabeza de ajo, o cabeza de ajos	Conjunto de las partes o dientes que integran el bulbo de la planta del ajo cuando están todavía reunidos formando un solo cuerpo.
6	cabeza de casa	Persona que por legítima descendencia del fundador tiene la primogenitura y hereda todos sus derechos.
7	cabeza de chorlito	Persona ligera y de poco juicio.
8	cabeza de la Iglesia	Atributo o título que se da al papa respecto de la Iglesia católica.
9	cabeza de linaje	cabeza de casa.
10	cabeza de olla	Sustancia que sale en las primeras tazas que se sacan de la olla.
11	cabeza de tarro	Persona necia.
12	cabeza de turco	Persona a quien se achacan todas las culpas para eximir a otras.
13	calentarle a alguien la cabeza	quebrantar la cabeza (II cansar con pláticas necias).
14	calentarse la cabeza	Fatigarse con cavilaciones.
15	cargársele a alguien la cabeza	Sentir en ella pesadez o entorpecimiento.
16	dar con la cabeza en las paredes	Precipitarse en un negocio con daño suyo.
17	darse con la cabeza en la pared, o en las paredes	Desesperarse por haber obrado torpemente.
18	en cabeza	delante (II en la parte anterior).
19	flaco, ca de cabeza: Dicho de una persona	Poco firme en sus juicios e ideas.
20	hacer cabeza	Ser el principal en un negocio o grupo de personas.
21	írsele a alguien la cabeza	Perturbársele el sentido o la razón.
22	jugarse la cabeza	Ponerse en gran peligro o en peligro de muerte.

Sintagmas		definición
23	levantar cabeza	Salir de una situación desgraciada.
		Recobrase o restablecerse de una enfermedad.
24	llevar a alguien de cabeza	traer de cabeza (II provocar molestias)
25	mala cabeza	Persona que procede sin juicio ni reflexión.
26	meter a alguien en la cabeza algo	Persuadirle de ello eficazmente.
		Hacérselo comprender o enseñárselo, venciendo con trabajo su torpeza o ineptitud.
27	meter alguien la cabeza en un puchero	para dar a entender que, aunque ha padecido equivocación notoria en alguna materia, mantiene su dictamen con gran tesón y terquedad.
28	pasarle a alguien algo por la cabeza	Antojársele, imaginarlo.
29	perder la cabeza	Faltar u ofuscarse la razón o el juicio por algún accidente.
30	quebrarse la cabeza	Hacer o solicitar algo con gran cuidado, diligencia o empeño, o buscarlo con mucha solicitud, especialmente cuando es difícil o imposible su logro.
31	sacar la cabeza	Dicho de una persona o de una cosa: Manifestarse o dejarse ver.
		Dicho de una persona que estaba antes abatida o tímida: Empezar a atreverse a hablar o hacer algo.
32	sentar la cabeza	Hacerse juicioso y ordenado, moderar la conducta.
33	subirse a la cabeza	Dicho algo material, como el vino, o inmaterial, como el éxito: Ocasionar aturdimiento.
34	tener la cabeza a las once, o a pájaros	No tener junio.
35	tener la cabeza en su sitio	Ser muy juicioso.
36	tocado, da de la cabeza	Dicho de una persona: Que empieza a perder el juicio.
37	traer de cabeza	Dicho de una persona o de una cosa: Provocar molestias a alguien.
		Dicho de una persona: enamorar (II excitar la pasión del amor).

Cabe mencionar que en esta tabla hay 4 sintagmas polisémicos. En el siguiente apartado, cuando sacamos el resultado de frecuencia de uso de dichas expresiones en el buscador de Google y CORPES, no somos capaces de especificar la frecuencia de uso de cierta acepción en concreto, nos limitaremos a analizar la correlación entre la frecuencia de uso y la calidad de la traducción globalmente.

4.2. El experimento

4.2.1. La metodología

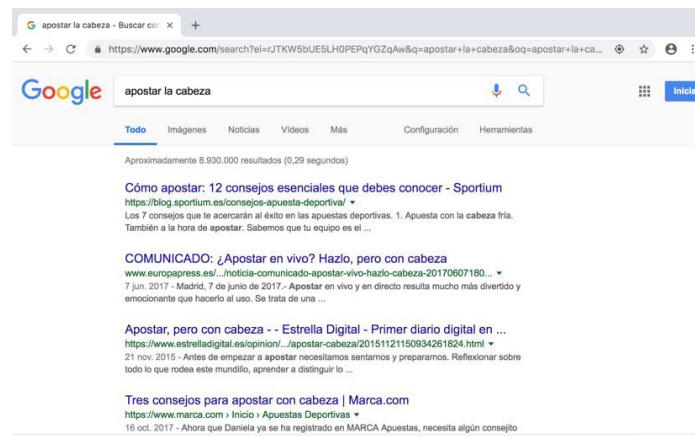
Como el objeto de este trabajo es analizar la correlación entre la frecuencia de uso y la calidad de traducción de *GNMT*, hemos dividido el experimento en dos pasos: 1) sacar el resultado de la frecuencia de uso; 2) traducir el sintagma en cuestión y una oración que contiene dicho sintagma en *GNMT* para observar su comportamiento. Cuando tengamos recopilados todos los datos, vamos a usar el método estadístico “la prueba *t* de student” para indagar si existe una correlación positiva entre dos poblaciones.

4.2.2. Las frecuencias de uso

A la hora de obtener los datos de la frecuencia de uso, hemos usado dos bases de datos: 1) el buscador Google; 2) el Corpus del Español del Siglo XXI (CORPES).

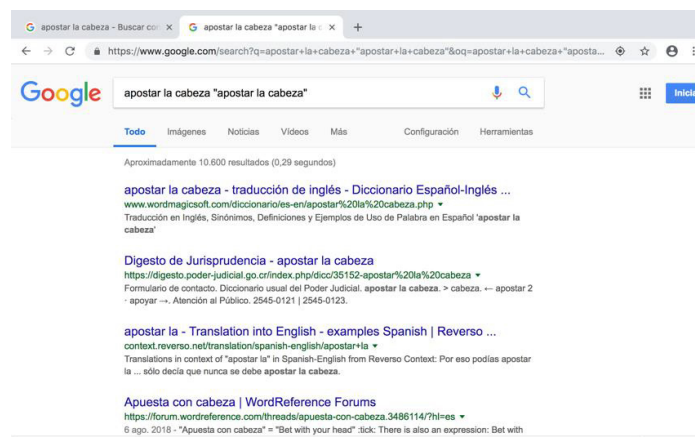
Usar el buscador Google es casi un paso obligatorio ya que vamos a observar el alcance de *GNMT*, y se supone que una fuente muy potente para entrenar a *GNMT* es precisamente los datos del buscador Google.

Pero cuando ponemos una frase en el buscador Google, a veces salen resultados demasiado dispersos. Véase el siguiente pantallazo.



Dibujo 2. Pantallazo de una búsqueda general de «apostar la cabeza».

En este dibujo 2, podemos ver que salen muchos resultados que solo tienen que ver con «apostar». Visto esto, nos vemos obligados a cambiar las condiciones de búsqueda. En la búsqueda avanzada, hemos seleccionado el modo de “búsqueda exacta”, la que permite hallar la correspondencia exacta de las palabras introducidas. Así, hemos conseguido optimizar el resultado de la búsqueda. Véase el dibujo 3.



Dibujo 3. Pantallazo de la búsqueda exacta de «apostar la cabeza».

Comparando el dibujo 2 y 3, podemos notar que el resultado de la búsqueda se ha reducido de 8.930.000 a 10.600, y evidentemente, la búsqueda exacta da resultados más correctos y útiles.

De esta manera, hemos obtenido los datos de la frecuencia de uso en el buscador google. Véase la tabla 2.

Tabla 2. Frecuencia de uso en el buscador Google.

	Sintagmas	Frecuencia en Google
1	a la cabeza	105.000.000
2	andárselo a alguien la cabeza	8
3	apostar, o apostarse, la cabeza	9,140
4	cabeza a pájaros	20.100
5	cabeza llena de pájaros	76.000
6	cabeza de ajo, o cabeza de ajos	710.000
7	cabeza de casa	6.920.000

	Sintagmas	Frecuencia en Google
8	cabeza de chorlito	77.800
9	cabeza de la Iglesia	9.160.000
10	cabeza de linaje	57.900
11	cabeza de olla	191.000
12	cabeza de tarro	35.200
13	cabeza de turco	310.000
14	calentarle a alguien la cabeza	205.000
15	calentarse la cabeza	39.400
16	cargársele a alguien la cabeza	5
17	dar con la cabeza en las paredes	41
18	darse con la cabeza en la pared, o en las paredes	6.530
19	ir en cabeza	151.000
20	estar en cabeza	405.000
21	flaco, ca de cabeza: Dicho de una persona	33.600
22	hacer cabeza	1.350
23	írsele a alguien la cabeza	665
24	jugarse la cabeza	96.300
25	levantar cabeza	427.000
26	llevar a alguien de cabeza	654
27	mala cabeza	114.000
28	meter a alguien en la cabeza algo	884.000
29	meter alguien la cabeza en un puchero	13.900
30	pasarle a alguien algo por la cabeza	12.300.000
31	perder la cabeza	7.840.000
32	quebrarse la cabeza	25.500
33	sacar la cabeza	3.170.000
34	sentar la cabeza	110.000
35	subirse a la cabeza	299.000
36	tener la cabeza a las once, o a pájaros	51.700
37	tener la cabeza en su sitio	123.000
38	tocado, da de la cabeza	12.000
39	traer de cabeza	111.000

Cabe mencionar que en la tabla 1, el sintagma número 4 «cabeza a pájaros» y su sinónimo «cabeza llena de pájaros» se han contado como un solo ítem, a la hora de calcular la frecuencia de uso, los hemos separado. Otro incidente trata del número 18 del muestreo, el sintagma «en cabeza», para especificar su significado metafórico de «delante», a la hora de buscar en google, hemos añadido dos verbos respectivamente: ir y estar. De esta manera, podemos estar seguros de que el resultado que sale refleja el sentido figurativo. Así en la lista se ven 39 ítems.

Para complementar la búsqueda y tener datos de más orígenes, también hemos usado el Corpus del Español del Siglo XXI (CORPES) como base de datos. Véase los resultados en la tabla 3.

Tabla 3. Frecuencia de uso en CORPES (FA=Frecuencia absoluta; FN=Frecuencia normalizada).

	Sintagmas	Frecuencia en CORPES
1	a la cabeza	0
2	andársele a alguien la cabeza	0
3	apostar, o apostarse, la cabeza	FA: 1, FN: 0,00 casos por millón
4	cabeza a pájaros	0
5	cabeza llena de pájaros	0
6	cabeza de ajo, o cabeza de ajos	0
7	cabeza de casa	0
8	cabeza de chorlito	0
9	cabeza de la Iglesia	FA: 15, FN: 0,05 casos por millón
10	cabeza de linaje	FA: 1, FN: 0,00 casos por millón
11	cabeza de olla	0
12	cabeza de tarro	FA:1, FN: 0,00 casos por millón
13	cabeza de turco	FA: 67, FN: 0,25 casos por millón
14	calentarlo a alguien la cabeza	0
15	calentarse la cabeza	0
16	cargársele a alguien la cabeza	0
17	dar con la cabeza en las paredes	0
18	darse con la cabeza en la pared, o en las paredes	0
19	ir en cabeza	FA: 2, FN:0,00 casos por millón
20	estar en cabeza	FA: 2, FN:0,00 casos por millón
21	flaco, ca de cabeza: Dicho de una persona	0
22	hacer cabeza	0
23	írsele a alguien la cabeza	0
24	jugarse la cabeza	0
25	levantar cabeza	FA: 128, FN: 0,48 casos por millón
26	llevar a alguien de cabeza	0
27	mala cabeza	FA: 49, FN: 0.18 casos por millón
28	meter a alguien en la cabeza algo	FA: 6, FN: 0,02 casos por millón
29	meter alguien la cabeza en un puchero	0
30	pasarle a alguien algo por la cabeza	FA: 27, FN: 0,10 casos por millón
31	perder la cabeza	FA: 166, FN: 0,63 casos por millón
32	quebrarse la cabeza	FA: 6, FN 0,02 casos por millón
33	sacar la cabeza	FA: 78, FN: 0,29 casos por millón
34	sentar la cabeza	FA: 24, FN: 0,09 casos por millón
35	subirse a la cabeza	FA: 3, FN:0,01 casos por millón
36	tener la cabeza a las once, o a pájaros	0
37	tener la cabeza en su sitio	FA: 17, FN: 0,08 casos por millón
38	tocado, da de la cabeza	0
39	traer de cabeza	FA: 2, FN: 0,02 casos por millón

En esta tabla 3, la frecuencia absoluta se refiere a las veces exactas que ha aparecido ese sintagma en el Corpus, y la frecuencia normalizada es un método de convertir los valores absolutos en los relativos, fijando un estándar, en este sentido, sería las veces de aparición dentro de un millón de casos.

4.2.3. La traducción de GNMT

Ahora bien. Ya tenemos las frecuencias de uso y el siguiente paso es hacer la prueba con el GNMT.

En el apartado 3.4, hemos mencionado que el funcionamiento de GNMT se basa en las frases, en vez de las palabras. Entonces, para comprobar la calidad de la traducción, hemos hecho el experimento de dos maneras: una vez con el solo sintagma y otra vez, con una oración. Cabe mencionar que todas las oraciones las hemos sacado de una de las siguientes fuentes: 1) Diccionario Linguee (<https://www.linguee.es>); 2) CORPES; 3) el buscador Google, al que acudimos si los primeros dos fallan; 4) elaboración propia, último recurso si los primeros tres fallan. Ahora vamos a ver los resultados, en que el dígito 0 simboliza el error y el dígito 1, corrección.

1. a la cabeza

Traducción del sintagma: 到头上 (0)

Traducción de la oración:

Si hubiese mentido, no habría debido estar a la cabeza de la Policía. (Google)

如果他撒谎, 他就不应该成为警察的头。(1)

2. andársele a alguien la cabeza

Traducción del sintagma: 去某人的脑袋 (0)

Traducción de la oración:

Se le andaba la cabeza. (Elaboración propia, más adelante EP)

他的头在移动。(0)

3. apostar, o apostarse, la cabeza

Traducción del sintagma: 打赌你的头 (0)

Traducción de la oración:

Volveré. Puedes apostar la cabeza a que volveré. (CORPES)

我会回来的, 你可以打赌我会回来。(1)

4. cabeza a pájaros

Traducción del sintagma: 前往鸟类 (0)

Traducción de la oración: *Tienes la cabeza a pájaros.* (EP)

你有头向鸟类。(0)

5. cabeza llena de pájaros

Traducción del sintagma: 头上满是鸟儿 (0)

Traducción de la oración:

El primero me decía que tenía la cabeza llena de pájaros y que yo era oficial de todo y maestro de nada.

(Linguee)

第一个人告诉我, 我的头上满是鸟儿, 而且我是一切都是军官, 一无所有。(0)

6. cabeza de ajo, o cabeza de ajos

Traducción del sintagma: 大蒜头 (1)

Traducción de la oración:

Finalmente se calienta el litro de aceite a fuego lento junto a la cabeza de ajos y la hoja de laurel.

(Linguee)

最后在大蒜头和月桂叶旁边用低热量加热一升油。(1) (“junto a” en esta oración no es “在旁边”, pero como nuestro objeto de estudio “cabeza de ajos” está bien traducido, lo hemos clasificado como 1)

7. cabeza de casa

Traducción del sintagma: 房子的负责人 (0)

Traducción de la oración:

El solicitante del servicio debe ser la cabeza de casa o la persona en quien la propiedad o contrato de arrendamiento esté a su nombre. (Linguee)

服务的申请人必须是房屋的负责人或财产或租赁在其名下的人。(0)

8. cabeza de chorlito

Traducción del sintagma: p头 (0)

Traducción de la oración:

Todos no pueden ser tontos y cabezas de chorlito. (Linguee)

每个人都不可能是傻瓜和p头。(0)

9. cabeza de la Iglesia

Traducción del sintagma: 教会的负责人 (1)

Traducción de la oración:

No podemos olvidar, sin embargo, que el Papa, por su propia responsabilidad como cabeza de la Iglesia, tiene la obligación de equilibrar las fuerzas políticas internas. (CORPES)

然而，我们不能忘记，教皇由于自己作为教会领袖的责任，有义务平衡内部政治力量。(1)

10. cabeza de linaje

Traducción del sintagma: 血统的头 (0)

Traducción de la oración:

Hizo el principado de Moscú el más influyente de Rusia, se convirtió en la cabeza de linaje de los grandes duques de Moscú. (Linguee)

使莫斯科公国成为俄罗斯最具影响力的公国，成为莫斯科大公国血统的领袖。(0)

11. cabeza de olla

Traducción del sintagma: 锅头 (0)

Traducción de la oración: *Siempre te sirvo la cabeza de olla.* (EP)

我总是为你服务锅头。(0)

12. cabeza de tarro

Traducción del sintagma: 罐头 (0)

Traducción de la oración:

A las pocas horas buscó refugio donde su compadre Javier Margas, alias “cabeza de tarro”. (CORPES)

几个小时后，他在他的朋友哈维尔马尔加斯寻求避难所，别名“罐头”。(0)

13. cabeza de turco

Traducción del sintagma: 替罪羊 (1)

Traducción de la oración:

Tras su declaración, Bassa se autocalificó como un “cabeza de turco” que fue encarcelado porque la policía necesitaba un culpable para “cerrar el tema”. (CORPES)

他的发言之后，巴萨形容自己是一个“替罪羊”，因为警方需要一个“罪魁祸首”来解决这个问题。(1)

14. calentarle a alguien la cabeza

Traducción del sintagma: 温暖某人的头 (0)

Traducción de la oración:

Los satélites LEO de FM que son sobre los cuales os voy a calentar la cabeza. (Linguee)

LEO FM卫星，我要温暖你的头。(0)

15. calentarse la cabeza

Traducción del sintagma: 温暖你的头 (0)

Traducción de la oración:

A muchos les costó dormir haciéndose preguntas sobre la posibilidad de arreglar un lío como el que había descrito Jonás. Otros, no encontraron ninguna utilidad en calentarse la cabeza con preguntas. (Linguee)

许多人发现很难入睡，询问有关修复像乔纳所描述的混乱的可能性的问题。其他人认为没有任何问题可以使他们头脑发热。(0)

16. cargársele a alguien la cabeza

Traducción del sintagma: 加载他的头 (0)

Traducción de la oración:

A esas alturas de la lección empezaba a cargársele la cabeza. (Linguee)

在课程的那一刻，他的头开始受到指控。(0)

17. dar con la cabeza en las paredes

Traducción del sintagma: 击中了墙上的头部 (0)

Traducción de la oración:

No hay que dar con la cabeza en las paredes, pero tampoco sortear las más mínimas dificultades. (Google)

不要撞到墙上，但不要輕易克服困难。(0)

18. darse con la cabeza en la pared, o en las paredes

Traducción del sintagma: 击中了墙上的头部 (0)

Traducción de la oración:

Hace un par de años por un viaje de trabajo estuve recorriendo la costa del Pacífico de California y me daba con la cabeza en las paredes por no haberme llevado el equipo de fotos e ir con tiempo a intentar capturar esta maravilla. (Google)

几年前我出差去加利福尼亚州的太平洋沿岸旅行，我把头埋在墙上，因为没有拍摄照片设备，并且花时间试图抓住这个奇迹。(0)

19. ir en cabeza

Traducción del sintagma: 在头上 (0)

Traducción de la oración: *Naturalmente, los Estados miembros y los países candidatos de la Unión*

Europea debemos ir en cabeza. (Linguee)

当然，成员国和欧盟候选国必须起带头作用。(1) (Sintácticamente, “欧盟” debería ir delante de “成员国”, es decir, “欧盟成员国和候选国”. Pero como nuestro objeto de estudio “ir en cabeza” está bien traducido, lo hemos clasificado como 1)

20. estar en cabeza
Traducción del sintagma: 领先 (1)
Traducción de la oración: *Esto nos posibilita el estar en cabeza y por encima de nuestros competidores.* (Linguee)
这使我们能够领先于竞争对手。(1)
21. flaco de cabeza
Traducción del sintagma: 瘦头 (0)
Traducción de la oración: *Es flaco de cabeza.* (EP) 他头很瘦。(0)
22. hacer cabeza
Traducción del sintagma: 打个头 (0)
Traducción de la oración:
Tuve que dejar la escuela a los 15 años para cuidar a mi madre que estaba muy delicada y murió algunos meses después, continué en hacer cabeza de familia. (Linguee)
我不得不在15岁时离开学校照顾我的母亲，她的母亲很精致，几个月后死了，我继续成为家庭的主人。(1) (La frase de “她的母亲很精致” está mal traducida. Pero como nuestro objeto de estudio “hacer cabeza de familia” está bien traducido (“家庭的主人”), lo hemos clasificado como 1)
23. írsele a alguien la cabeza
Traducción del sintagma: 离开一个人的头 (0)
Traducción de la oración:
Se me fue la cabeza de tanta alegría. (Linguee)
我是这么快乐的头。(0)
24. jugarse la cabeza
Traducción del sintagma: 发挥你的头脑 (0)
Traducción de la oración:
Hay que jugarse la cabeza en las carreteras para llegar a Méndez Álvaro. (Google)
你必须在路上玩头才能到达门德斯阿尔瓦罗。(0)
25. levantar cabeza
Traducción del sintagma: 升降头 (0)
Traducción de la oración:
Y Japón, por su parte, sigue sin levantar cabeza. (CORPES)
就日本而言，它仍然没有抬头。(1)
26. llevar a alguien de cabeza
Traducción del sintagma: 抬头 (0)
Traducción de la oración: *Sus hijos le llevan de cabeza.* (EP)
他的孩子先把他带到头上。(0)
27. mala cabeza
Traducción del sintagma: 坏头 (0)
Traducción de la oración:
Se le nota por cómo habla de aquellos años, y le da mucha pena haber tenido tan mala cabeza como para hacerte lo que te hizo. (CORPES)
你可以看出他是如何谈论这些年来的，他很遗憾有这么糟糕的头脑去做他对你做的事情。(1)
28. meter a alguien en la cabeza algo
Traducción del sintagma: 放在头上 (0)
Traducción de la oración:
Estas son las dos conclusiones que se intentan meter en la cabeza de la clase obrera y del pueblo. (CORPES)
这些是试图将工人阶级和人民置于头脑中的两个结论。(0)
29. meter alguien la cabeza en un puchero
Traducción del sintagma: 把头放在锅里 (0)
Traducción de la oración: *No metas la cabeza en un puchero.* (EP)
不要把头放在锅里。(0)
30. pasarle a alguien algo por la cabeza
Traducción del sintagma: 经过头脑 (0)
Traducción de la oración:
Nunca se les pasó por la cabeza que Jenny podría haber decidido no santiguarse porque es judía. (Linguee)
他们从来没有想到珍妮本可以决定不穿越自己，因为她是犹太人。(1) (Está mal traducido “no santi-
guarse”. Pero igual como el ejemplo 22, nuestro objeto de estudio “se les pasó por la cabeza” está correcta-
mente traducido, entonces lo hemos clasificado como “1”.)
31. perder la cabeza
Traducción del sintagma: 失去理智 (1)

- Traducción de la oración: *Un día me vas a hacer perder la cabeza.* (CORPES)
有一天,你让我失去理智。(1)
32. *quebrarse la cabeza*
Traducción del sintagma: 打破你的头脑 (0)
Traducción de la oración:
Hay que quebrarse la cabeza y pensar bien durante la noche para formar estos equipos. (CORPES)
你必须打破头脑,晚上好好组成这些团队。(0)
33. *sacar la cabeza*
Traducción del sintagma: 脱掉头 (0)
Traducción de la oración:
No se atrevió a sacar la cabeza hasta que la matanza terminó. (CORPES)
直到杀戮结束,他才敢抬起头来。(1)
34. *sentar la cabeza*
Traducción del sintagma: 低下头 (0)
Traducción de la oración:
A Miguel le gustan mucho los chiquillos y quizá piensa que ha llegado la hora de sentar la cabeza. (CORPES)
米格尔很喜欢孩子,也许他认为是时候安顿下来了。(1)
35. *subirse a la cabeza*
Traducción del sintagma: 抓住你的头 (0)
Traducción de la oración:
A los 22 años, ya que la fama que han alcanzado en estos meses podría fácilmente subirse a la cabeza de cualquiera. (CORPES)
在22岁时,他们在这几个月里取得的成名很容易成为任何人的头。(0)
36. *tener la cabeza a las once, o a pájaros*
Traducción del sintagma: 十一点头 (0)
Traducción de la oración:
Siempre tiene la cabeza a las once. (EP)
他总是在十一点钟。(0)
37. *tener la cabeza en su sitio*
Traducción del sintagma: 保持头脑清醒 (1)
Traducción de la oración:
Nadie que tenga la cabeza en su sitio podría explicárselo a un ciudadano europeo. (Linguee)
没有人能够代替他向欧洲公民解释。(0)
38. *tocado de la cabeza*
Traducción del sintagma: 从头部接触 (0)
Traducción de la oración:
Ya hay que estar tocado de la cabeza para creer que Thiago es mejor jugador de fútbol que Koke. (Google)
有必要让人感到头脑相信Thiago比Koke更好的足球运动员。(0)
39. *traer de cabeza*
Traducción del sintagma: 带头 (0)
Traducción de la oración:
¡Estos verbos traen de cabeza a los estudiantes de español! (Google)
这些动词将西班牙学生带到他们的头上! (0)

Mediante este muestreo, podemos sacar la siguiente tabla 4 en que se mostrará un resumen de los resultados.

Tabla 4. Resumen de los resultados de la traducción de *GNMT*.

	Sintagmas	Evaluación de la traducción del sintagma	Evaluación de la traducción de la oración
1	a la cabeza	0	1
2	andársele a alguien la cabeza	0	0
3	apostar, o apostarse, la cabeza	0	1
4	cabeza a pájaros	0	0
5	cabeza llena de pájaros	0	0

Sintagmas		Evaluación de la traducción del sintagma	Evaluación de la traducción de la oración
6	cabeza de ajo, o cabeza de ajos	1	1
7	cabeza de casa	0	0
8	cabeza de chorlito	0	0
9	cabeza de la Iglesia	1	1
10	cabeza de linaje	0	0
11	cabeza de olla	0	0
12	cabeza de tarro	0	0
13	cabeza de turco	1	1
14	calentarle a alguien la cabeza	0	0
15	calentarse la cabeza	0	0
16	cargársele a alguien la cabeza	0	0
17	dar con la cabeza en las paredes	0	0
18	darse con la cabeza en la pared, o en las paredes	0	0
19	ir en cabeza	0	1
20	estar en cabeza	1	1
21	flaco, ca de cabeza: Dicho de una persona	0	0
22	hacer cabeza	0	1
23	írsele a alguien la cabeza	0	0
24	jugarse la cabeza	0	0
25	levantar cabeza	0	1
26	llevar a alguien de cabeza	0	0
27	mala cabeza	0	1
28	meter a alguien en la cabeza algo	0	0
29	meter alguien la cabeza en un puchero	0	0
30	pasarle a alguien algo por la cabeza	0	1
31	perder la cabeza	1	1
32	quebrarse la cabeza	0	0
33	sacar la cabeza	0	1
34	sentar la cabeza	0	1
35	subirse a la cabeza	0	0
36	tener la cabeza a las once, o a pájaros	0	0
37	tener la cabeza en su sitio	1	0
38	tocado, da de la cabeza	0	0
39	traer de cabeza	0	0

4.3. Comprobación de la hipótesis

Observando la tabla 4, si usamos un cálculo matemático más sencillo, nos damos cuenta de que *GNMT*, en cuanto a la traducción de las expresiones metafóricas y metonímicas relacionadas con el sustantivo «cabeza», de hecho, no se comporta de manera milagrosa.

Podemos ver que de los 39 ejemplos, el porcentaje de corrección respecto al sintagma, es 15,38%, mientras que en las oraciones, la cifra asciende a 35,90%.

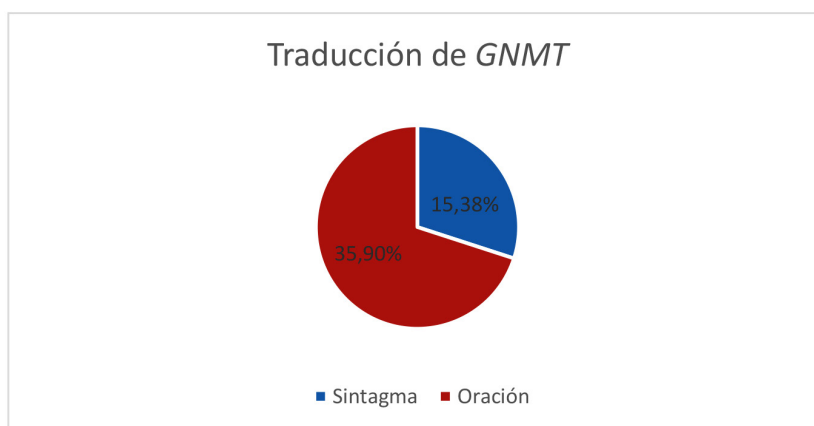


Diagrama 7. Comportamiento de *GNMT* en cuanto a la traducción de las expresiones metafóricas y metonímicas sobre el sustantivo «cabeza».

Este resultado es digno de notar porque con eso podemos tener la certeza de siempre introducir una oración entera para *GNMT* ya que con el aprendizaje profundo, una oración entera le da más contexto para optimizar la traducción.

Después de sacar esta conclusión primitiva, vamos a intentar comprobar la hipótesis que hemos formulado en el apartado 3.5: Si un sintagma presenta mayor frecuencia de uso, eso implicaría que tendría más posibilidad de ser bien traducido, o sea, *GNMT* sabe traducirlo mejor que otros que no se usan tan frecuentemente.

Para ello, vamos a usar la prueba *t* de student, una prueba estadística que permite comparar las medias de variables numéricas en 1 o 2 grupos y determinar si existe una diferencia significativa entre ellos o si la diferencia observada se debe a una probabilidad aleatoria. En el año 1908, con el seudónimo de “Student”, William Sealy Gosset desarrolló la prueba *t*, la que se fundamenta en dos premisas: 1) la población estudiada sigue una distribución normal; 2) el tamaño de la muestra es demasiado pequeño.

La primera presunción de la prueba *t* es formular la hipótesis nula y la hipótesis alterna. La primera suele contrastar con la segunda, que es la hipótesis de la investigación. Si el valor *p* calculado que se origina de las dos muestras es menor de 0,05, entonces se rechazaría la hipótesis nula. Cabe señalar que 0,05 es el nivel de significancia que fijamos para esta investigación. Cuando el valor *p* es menor de 0,05, la media de la población de la calidad de traducción correcta (1) parece ser significativamente diferente de la de la calidad de traducción errónea (0).

En nuestro caso, la hipótesis nula sería: Las dos poblaciones de la calidad de traducción 1 (correcta) y 0 (errónea) cuentan con la misma frecuencia de uso.

La hipótesis alterna sería: la población de la calidad de traducción 1 cuenta con una frecuencia de uso más alta que la población de 0.

Tenemos 6 pares de muestras independientes: 1) la calidad de traducción del sintagma y la frecuencia de uso en Google; 2) la calidad de traducción del sintagma y la frecuencia absoluta en CORPES; 3) la calidad de traducción del sintagma y la frecuencia normalizada en CORPES; 4) la calidad de traducción de la oración y la frecuencia de uso en Google; 5) la calidad de traducción de la oración y la frecuencia absoluta en CORPES; 6) la calidad de traducción de la oración y la frecuencia normalizada en CORPES. Representamos las relaciones con el siguiente diagrama 8:



Diagrama 8. 6 pares de muestras independientes.

Ahora vamos a ver el valor p de cada uno de ellos. Cabe mencionar que el variable 1 en las siguientes tablas se refiere al grupo de la calidad de traducción 1 y el variable 2, el grupo 0.

Tabla 5. Prueba t del par de muestras No. 1 (la calidad de traducción del sintagma y la frecuencia en Google).

	Variable 1	Variable 2
Media	1877600	4105876,265
Varianza	1,11545E+13	3,25642E+14
Observación	5	34
Variación agrupada	2,91643E+14	
Desviación media	0	
df	37	
t Stat	-0,27241772	
Valor p	0,393407707	

En esta tabla 5, podemos notar que el valor p es mayor de 0,05, entonces no podemos rechazar la hipótesis nula. Seguimos viendo otros resultados.

Tabla 6. Prueba t del par de muestras No. 2
(la calidad de traducción de la oración y la frecuencia en Google).

	Variable 1	Variable 2
Media	9979106,429	371212,12
Varianza	7,64504E+14	1,89378E+12
Observación	14	25
Variación agrupada	2,69838E+14	
Desviación media	0	
df	37	
t Stat	1,752179211	
Valor p	0,044013941	

Tabla 7. Prueba t del par de muestras No. 3
(la calidad de traducción del sintagma y la frecuencia absoluta en CORPES).

	Variable 1	Variable 2
Media	50,4	10,08823529
Varianza	4909,3	697,9010695
Observación	5	34
Variación agrupada	1153,18744	
Desviación media	0	
df	37	
t Stat	2,478414925	
Valor p	0,00894136	

Tabla 8. Prueba t del par de muestras No. 4
(la calidad de traducción de la oración y la frecuencia absoluta en CORPES).

	Variable 1	Variable 2
Media	39,92857143	1,5
Varianza	2779,456044	14
Observación	14	24
Variación agrupada	1012,636905	
Desviación media	0	
df	36	
t Stat	3,59091566	
Valor p	0,000487806	

Tabla 9. Prueba t del par de muestras No. 5
(la calidad de traducción del sintagma y la frecuencia normalizada en CORPES).

	Variable 1	Variable 2
Media	0,000000192	3,46765E-08
Varianza	7,037E-14	9,69386E-15
Observación	5	34
Variación agrupada	1,62534E-14	
Desviación media	0	
df	37	
t Stat	2,57639907	
Valor p	0,007054561	

Tabla 10. Prueba t del par de muestras No. 6
(la calidad de traducción de la oración y la frecuencia normalizada en CORPES).

	Variable 1	Variable 2
Media	1,42071E-07	0,000000006
Varianza	4,12539E-14	2,83333E-16
Observación	14	25
Variación agrupada	1,46784E-14	
Desviación media	0	
df	37	
t Stat	3,364567553	
Valor p	0,00089809	

Mediante los datos en las tablas 5-10, podemos ver que solo en el primer par de muestras, el valor p ha sido mayor de 0,05. En todas demás tablas, el valor p ha sido menor de 0,05. Es decir, estadísticamente dicho, es casi nula la probabilidad de que las frecuencias de uso en las dos poblaciones de la calidad de traducción (1 y 0) son iguales. Así podemos rechazar la hipótesis nula. Y nuestra hipótesis de la investigación formulada en el apartado 3.5 ha sido comprobada.

5. Conclusión

En este artículo, hemos intentado indagar la traducción automática de las expresiones metafóricas y metonímicas. La traducción automática es una tendencia inevitable que todos, sean traductores o no, debemos enfrentar. A pesar de los resultados de traducción que a veces parecen ridículos, nos ofrece soluciones para que podamos transmitir mayor cantidad de informaciónes en lo más breve tiempo posible. A través del método estadístico, la prueba *t* de student, hemos podido comprobar nuestra hipótesis de que cuanto más alta es la frecuencia de uso de una palabra o un sintagma, tendrá más probabilidad de ser mejor traducido en *GNMT*, razón por la cual, no es de extrañar que a los ingenieros de la inteligencia artificial solo les interesa el *big data*.

Otro hecho que hemos podido comprobar es que *GNMT* traduce mejor las oraciones que las frases sueltas. Así es que para sacar mejor resultado, debemos saber usar más eficazmente esta herramienta.

En este artículo, nos hemos limitado en la traducción automática de las expresiones metafóricas y metonímicas porque el hombre es un ser figurativo y el lenguaje, tanto literario como cotidiano, está repleto de este tipo de expresiones. Esta pequeña demostración podría ser representativa y esperamos que sea un punto de partida interesante para las futuras investigaciones.

Bibliografía

- Abaitua Odriozola, J. (2000). *La traducción automática: presente y futuro*.
- Bahdanau, D., Cho, K., & Bengio, Y. (2014). Neural machine translation by jointly learning to align and translate. *arXiv preprint arXiv:1409.0473*.
- Barrachina, S., Bender, O., Casacuberta, F., Civera, J., Cubel, E., Khadivi, S., ... & Vilar, J. M. (2009). Statistical approaches to computer-assisted translation. *Computational Linguistics*, 35(1), 3-28.
- Bengio, Y.; Ducharme, R.; Vincent, P.; Janvin, C. (2003). "A neural probabilistic language model". *Journal of Machine Learning Research*, v. 3, p. 1137-1155.
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning (information science and statistics)* springer-verlag new york. Inc. Secaucus, NJ, USA.
- Casacuberta Nolla, F., & Peris Abril, Á. (2017). Traducción automática neuronal. *Tradumática*, (15), 0066-74.
- Casañ Núñez, G. A. (2011). *Representaciones de vocabularios en tareas de traducción automática mediante modelos conexionistas*. Universitat Jaume I.
- Castano, M. A., Casacuberta, F., & Vidal, E. (1997). Machine translation using neural networks and finite-state models. *Theoretical and Methodological Issues in Machine Translation (TMI)*, 160-167.
- Castelvecchi, D. (2016). Deep learning boosts Google Translate tool. *Nature*.
- Cuenca, M. J. & Hilferty, J. (2013). *Introducción a la lingüística cognitiva*. Barcelona: Ariel.
- Real Academia española, M. (1992). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Real Academia Española.
- Hutchins, J. (2003). The development and use of machine translation systems and computer-based translation tools. *International journal of translation*, 15(1), 5-26.
- Hutchins, W. J., & Somers, H. L. (1992). *An introduction to machine translation* (Vol. 362). London: Academic Press.
- Koehn, P. (2009). *Statistical machine translation*. Cambridge University Press.
- Moliner, M. (1999). *Diccionario de uso del español* (No. R PC4625 M6).
- Sánchez, A. (Ed.). (2001). *Gran diccionario de uso del español actual: basado en el Corpus lingüístico "Cumbre"*. Soc. General Española de Librería.
- Schuster, M., & Paliwal, K. K. (1997). Bidirectional recurrent neural networks. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 45(11), 2673-2681.
- Tertoolen, R. C. (2010). *El alcance de la traducción automática* (Master's thesis. Univeriteit Utrecht).
- Turovsky, B. (2016). Found in translation: More accurate, fluent sentences in Google Translate. *Blog. Google. November, 15*.
- Villayandre Llamazares, M. (2010). *Aproximación a la lingüística computacional*.
- Weaver, W. (1999). Warren Weaver Memorandum, July 1949. *MT News International*, 22, 5-6.
- Wu, Y., Schuster, M., Chen, Z., Le, Q. V., Norouzi, M., Macherey, W., ... & Klingner, J. (2016). Google's neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation. *arXiv preprint arXiv:1609.08144*. [Consulta: 10 de octubre de 2018]

Enlaces

<http://dle.rae.es/>

<http://noticias.universia.es/ciencia-tecnologia/noticia/2017/08/30/1155334/deep-learning-aprendizaje-profundo-sirve.html>

<https://blog.google/products/translate/found-translation-more-accurate-fluent-sentences-google-translate/>

<https://enclave.rae.es/>

<https://es.mathworks.com/discovery/deep-learning.html>

<https://es.oxforddictionaries.com/>

https://es.oxforddictionaries.com/definition/traduccion_automatica

https://idp.nature.com/authorize?response_type=cookie&client_id=grover&redirect_uri=https%3A%2F%2Fwww.nature.com%2Fnews%2Fdeep-learning-boosts-google-translate-tool-1.20696

<https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Aprendizaje-profundo-deep-learning>

<https://www.bbvaopenmind.com/que-es-el-aprendizaje-profundo/>

<https://www.linguee.es/>

<https://www.nytimes.com/2016/12/14/magazine/the-great-ai-awakening.html>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Banco de datos (CORPES) [en línea]. *Corpus del Español del Siglo XXI*. <<http://web.frl.es/CORPES/view/inicioExterno.view>> [Consultado el día 10 de octubre de 2018 a las 21.25 horas, el día 11 de octubre de 2018 a las 10.28 horas y el día 12 de octubre de 2018 a las 21.00 horas]

www.google.com